FÉVRIER 2024

NATIONAL GEOGRAPHIC FRANCE FÉVRIER 2024 TASSILI N'AJJER • VERRE • BORNÉO • MARES TEMPORAIRES • PHOQUES DU GROENLAND

DESTINATION
AU CŒUR DU PARADIS VERT DE BORNÉO

SCIENCE
LES PROMESSES INATTENDUES DU VERRE

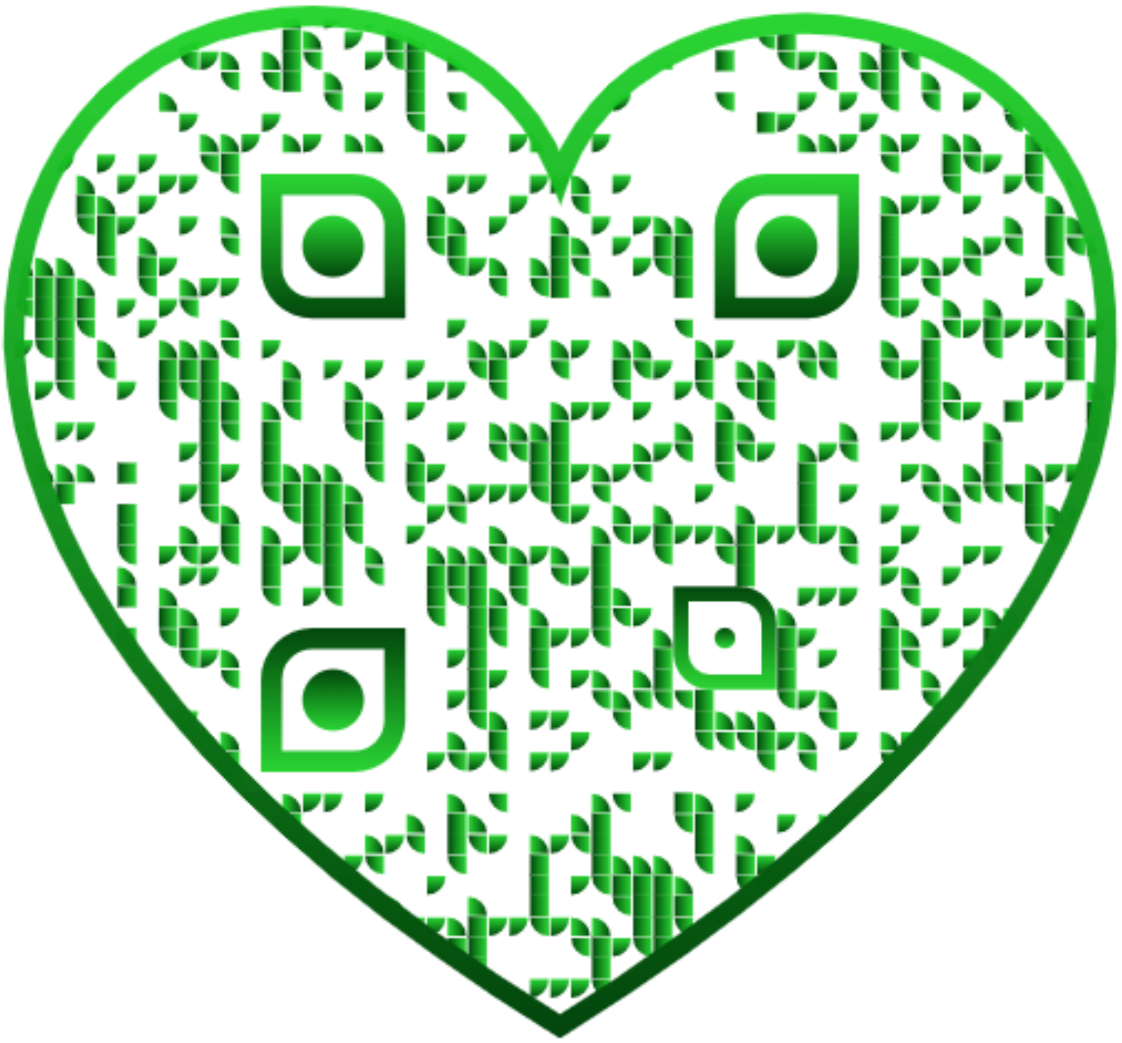
NATIONAL GEOGRAPHIC
FRANCE

BE: 6 € - CH: 9,5 CHF - CA: 8,95 CAD - DE: 7,6 €, ES: 7 € - GR: 7 € - IT: 7 € - LU: 6 €, PT: 7 € - DOM Bateau: 6 € - DOM Avion: 7,6 € - MA: 65 MAD - TN: 10 TND - ZONE CFA Bateau: 4000 XAF - ZONE CFP Bateau: 650 XPF - ZONE CFP Avion: 1600 XPF

ALGÉRIE
UN MUSÉE DE SABLE ET DE PIERRE

À LA DÉCOUVERTE DE L'INCROYABLE COLLECTION D'ART RUPESTRE DU SAHARA

PM PRISMA MEDIA CPPAP
L 13636 - 293 - F: 5,50 € - RD



PEUGEOT
PEUGEOT
NOUVELLE E-208
100 % ÉLECTRIQUE
NOUV
PEUGEOT i-Cockpit® 3D*
Jusqu'à 498 km d'autonomie**
Recharge de 80 % en 30 min***
PEUGEOT RECOMMANDE TotalEnergies Consommation mixte WLTP (l/100 km) : 0.
*De série ou indisponible selon les versions.**En cycle urbain. L'autonomie de la batterie peut varier en fonction des conditions réelles d'utilisation.
***Recharge sur une borne publique à courant continu de 100 kW. Automobiles PEUGEOT 552 144 503 RCS Versailles.

Au quotidien, prenez les transports en commun. #SeDéplacerMoinsPolluer

UNE SÉRIE ORIGINALE

Dès maintenant Disney+

©2024 Disney et ses sociétés affiliées. Tous droits réservés. Abonnement par une personne majeure requis. Voir conditions sur DisneyPlus.com

Cinquante nuances de grès

PAR **FRÉDÉRIC VALLOIS** DIRECTEUR DE L'ÉDITION FRANÇAISE

Ce sont des paysages qui auraient pu servir de décor dans *Star Wars*, *Seul sur Mars* ou *Dune*. Aux confins du Sahara algérien, à la lisière de la Libye et du Niger, se dresse un site désertique étrange et majestueux, qui semble tout droit sorti d'un film de science-fiction : le parc national du Tassili n'Ajjer. Peu connu et rendu difficile d'accès en raison de tensions géopolitiques régionales, cet immense massif montagneux constitué de grès jaune orangé s'étend sur 72 000 km² – la superficie d'un pays comme l'Irlande.

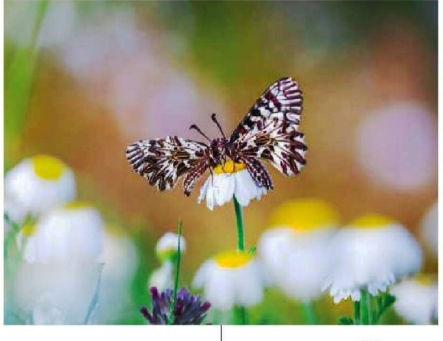
Comment imaginer que, il y a plusieurs milliers d'années, le Tassili n'Ajjer – littéralement « plateau des rivières » – était traversé de cours d'eau ? que le Sahara, avant de devenir le plus grand désert chaud de la planète, a connu de nombreuses périodes humides associées à des précipitations abondantes ? Selon les paléoclimatologues, les variations cycliques de l'axe de rotation de la Terre et de son orbite par rapport au Soleil seraient pour l'essentiel responsables de ces changements climatiques.

Remarquable d'un point de vue géologique, ce site l'est aussi d'un point de vue culturel. Le Tassili n'Ajjer abrite l'une des plus grandes et des plus belles collections d'art rupestre du monde : au total, près de 15 000 dessins et gravures représentant des formes humaines et des animaux (éléphants, lions, crocodiles, antilopes…) témoignent de l'évolution de la vie sur ce territoire au cours des 12 000 dernières années. Un trésor méconnu, qui n'est pas sans rappeler les peintures rupestres du parc de Chiribiquete, en Colombie, dont les plus anciennes datent de 20 000 ans et auxquelles nous avions consacré un reportage dans notre numéro de juillet 2023.

Bien connu des générations touareg successives, l'art rupestre tassilien a acquis une notoriété loin de ses foyers après qu'un archéologue français à la réputation aujourd'hui controversée, Henri Lhote, a étudié, relevé puis montré des centaines d'œuvres lors d'une exposition à succès à Paris, en 1957. Le site a fait l'objet d'une protection renforcée depuis : il a été déclaré parc national par l'Algérie en 1972 et inscrit au patrimoine mondial de l'Unesco en 1982. Son avenir, toutefois, reste incertain. Comment continuer à préserver efficacement un patrimoine culturel et naturel si vaste dans une région du monde aussi instable ?

SOMMAIRE

REGARDER



En couverture
Dans le Tassili n'Ajjer, classé au patrimoine mondial, se dresse le massif montagneux de la Tadrart rouge, qui tire son nom de la couleur de son sable.
Photo : Matjaz Krivic

10

Microcosmos
« Plus ils sont petits, plus leur monde est caché et intéressant à mes yeux », déclare un photographe bulgare à propos des insectes qui attirent son regard.
PHOTOGRAPHIES DE GEORGI GEORGIEV

EXPLORER

19

LA GRANDE IDÉE
Mangeait-on de la pizza à Pompéi ?
La cité offre un aperçu unique sur l'alimentation dans la Rome antique.
PAR CHRISTINA STERBENZ

ACTUALITÉS
Martinets, éclipse et baleines à bosse
Où il est question de nichoirs, du parcours des baleines à bosse et d'éclipses « audibles ».
PAR STEPHANIE VERMILLION, ANNIE ROTH ET BRIANNA RANDALL ..... p. 23

ET AUSSI
La boîte à outils ..... p. 24
Le pionnier ..... p. 27

28

FOCUS
Tous sur le pont !
Admirer Sydney depuis le sommet du Harbour Bridge, en Australie, est devenu une expérience incontournable. Aujourd'hui, le concept s'exporte un peu partout dans le monde.
PAR LARRY BLEIBERG

ET AUSSI
Instagram ..... p. 30

À SUIVRE

La sélection ..... p. 134
Le making of ..... p. 136
Le mois prochain ..... p. 138

PHOTOS : DESIGN PICS INC./ALAMY STOCK PHOTO (HARBOUR BRIDGE) ; BABAK TAFRESHI (ÉCLIPSE)

ENQUÊTES ET REPORTAGES

Un musée en plein désert

Le Tassili n'Ajjer, dans le Sahara algérien, renferme une des plus grandes collections d'art rupestre du monde.

PAR HENRY WISMAYER
PHOTOGRAPHIES DE MATJAZ KRIVIC

p. 32

L'âge du verre

Depuis que l'homme a appris à le fabriquer, il y a plusieurs millénaires, le verre est devenu un matériau omniprésent. Les scientifiques le déclinent aujourd'hui en versions capables de se plier, de soigner ou d'équiper les plus grands télescopes de la planète.

PAR JAY BENNETT
PHOTOGRAPHIES DE CHRISTOPHER PAYNE

p. 46

Le cœur vert de Bornéo

En Indonésie, la faune et la flore prospèrent dans les forêts tropicales humides du parc national de Gunung Palung.

PAR JENNIFER HOLLAND
PHOTOGRAPHIES DE TIM LAMAN

p. 76

Ces mares où la forêt bouillonne de vie

Les pluies du printemps redonnent vie à de multiples organismes.

PAR SUSAN HAND SHETTERLY
PHOTOGRAPHIES DE TRISTAN SPINSKI

p. 100

À la dérive

Les hivers doux mettent en péril la survie des phoques du Groenland.

TEXTE ET PHOTOGRAPHIES DE JENNIFER HAYES

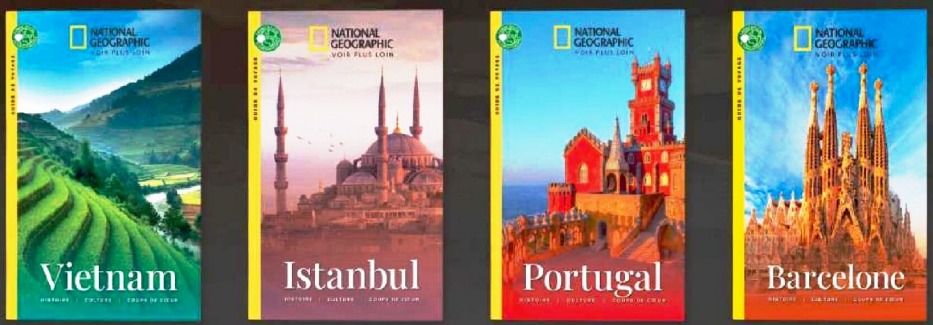
p. 118

CI-DESSUS : Des ouvriers extraient un bloc de verre d'un moule en céramique.

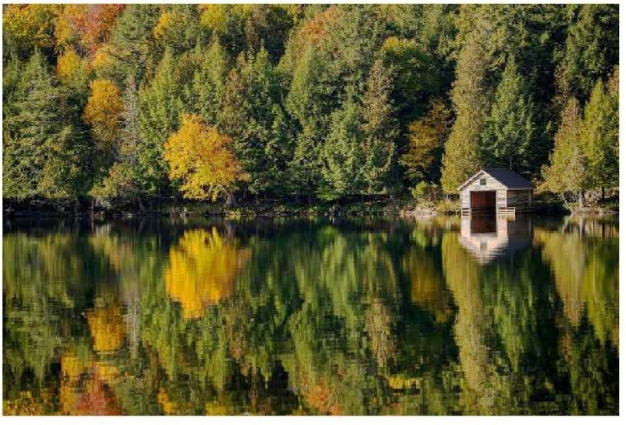
VOIR PLUS LOIN AVEC NATIONAL GEOGRAPHIC

La collection de guides éco-responsables pour découvrir le patrimoine de chaque destination.

La fabrication de ces guides utilise du papier certifié et des encres végétales. Elle contribue à soutenir des projets environnementaux grâce à Climatepartner.



DISPONIBLES EN LIBRAIRIE ET SUR **PRISMASHOP.FR**



EXPOSITION

Une saison éphémère, à nulle autre pareille

Retrouvez, en pleine grisaille hivernale, la parenthèse flamboyante de l'automne québécois ! Festivals de couleurs, faune et flore sauvages, récoltes de saison, conseils de visite... En une trentaine de photographies exclusives de *National Geographic France* dédiées à quatre régions de la province canadienne (les Laurentides, l'Outaouais, la Montérégie et le Centre-du-Québec), découvrez tout un pan de la vie et des traditions locales de la Belle Province.

***Québec: l'automne en majesté*, gratuit, jusqu'au 15 avril à Bercy Village, Paris 12e.**

TÉLÉVISION

Une aventure arctique

Gravir des sommets inexplorés du Groenland est la quête ultime de l'alpiniste Alex Honnold. Les trois épisodes événements tirés de son expédition vers l'Ingmikortilaq vous feront vivre cette aventure hors norme. Un défi qui documente aussi scientifiquement les effets du changement climatique dans cette région méconnue du globe.

***Expédition Groenland avec Alex Honnold*, les lundis 5 et 12 février, à 21 heures, sur la chaîne National Geographic.**

MAGAZINE

Émotions garanties

Complicité entre frères et sœurs ours ou hyènes et visite du Machu Picchu sont au sommaire du *National Geographic* des 7-12 ans ! Et, comme toujours, une sélection maligne de livres, expos et films à voir en famille.

***National Geographic Kids*, n° 78 (février), en kiosque.**

TÉLÉVISION

Nouveaux défis, du Yukon au Costa Rica

Michelle Oakley est la vétérinaire star du Yukon, où elle soigne la faune sauvage comme domestique - de la poule au bison. Dans cette saison inédite, le clan Oakley intervient jusqu'au Costa Rica pour des soins plus... exotiques !

***Michelle ou la vie sauvage*, tous les samedis, à 18 h 20, sur la chaîne National Geographic Wild.**

Recherche médicale, quête du Graal et coup environnemental

VOS NEWS PRÉFÉRÉES SUR NATIONALGEOGRAPHIC.FR

SCIENCE

Cancer, stérilité, Alzheimer... Des approches de traitement novatrices ont été tentées grâce à la génétique ou encore l'intelligence artificielle.

HISTOIRE

Aucune coupe n'a connu un tel destin ! Petit retour historique sur les premiers et premières à avoir recherché le mythique Graal.

VOYAGE

Le Flight100, de Virgin Atlantic, est le premier vol transatlantique alimenté par de l'huile de cuisson usagée. Vrai succès ou coup de pub?

PHOTOS : EMANUELA ASCOLI (QUÉBEC); NATIONAL GEOGRAPHIC/PABLO DURANA (ARCTIQUE)

LA TERRE SOUS TOUS LES ANGLES
NATIONAL GEOGRAPHIC

MICROCOSMOS

Au cœur du Grand Balkan, dans l'ouest de la Bulgarie, une araignée-crabe adopte la couleur d'un adonis de printemps au cours d'un processus qui peut prendre quelques jours. Pour chasser, cet arachnide ne tisse pas de toile, mais guette sa proie avant de fondre dessus.

PHOTOGRAPHIES DE **GEORGI GEORGIEV**

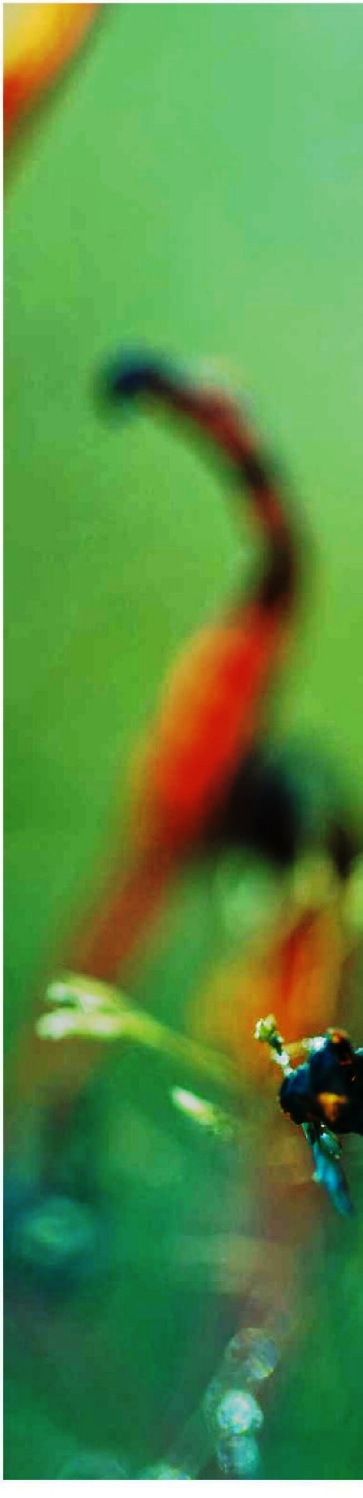
Passionné par les insectes, un photographe plonge dans l'univers miniature et enchanteur de ces minuscules créatures.

C'EST LE PRINTEMPS DANS LE GRAND BALKAN et, dans une nature luxuriante, le photographe bulgare Georgi Georgiev a braqué son objectif sur un microsujet. Une araignée jaune (*Cheiracanthium inclusum*) se cache derrière une fleur de la même couleur, attendant son repas. Maître du camouflage, cet arachnide se fond dans son environnement pour mieux attaquer ses proies par surprise.

Les photos de Georgi Georgiev capturent la vie très riche de certains des plus petits habitants de la planète. Sur l'une d'elles, une fourmi escalade un monticule de terre escarpé. Sur une autre, une coccinelle boit l'eau d'une goutte de rosée, posée sur un long brin d'herbe. Ce spécialiste remarque toujours quelque chose de nouveau : la plupart des insectes ne sont pas intimidés par son appareil lorsqu'ils sont en train de s'accoupler ou de se nourrir.

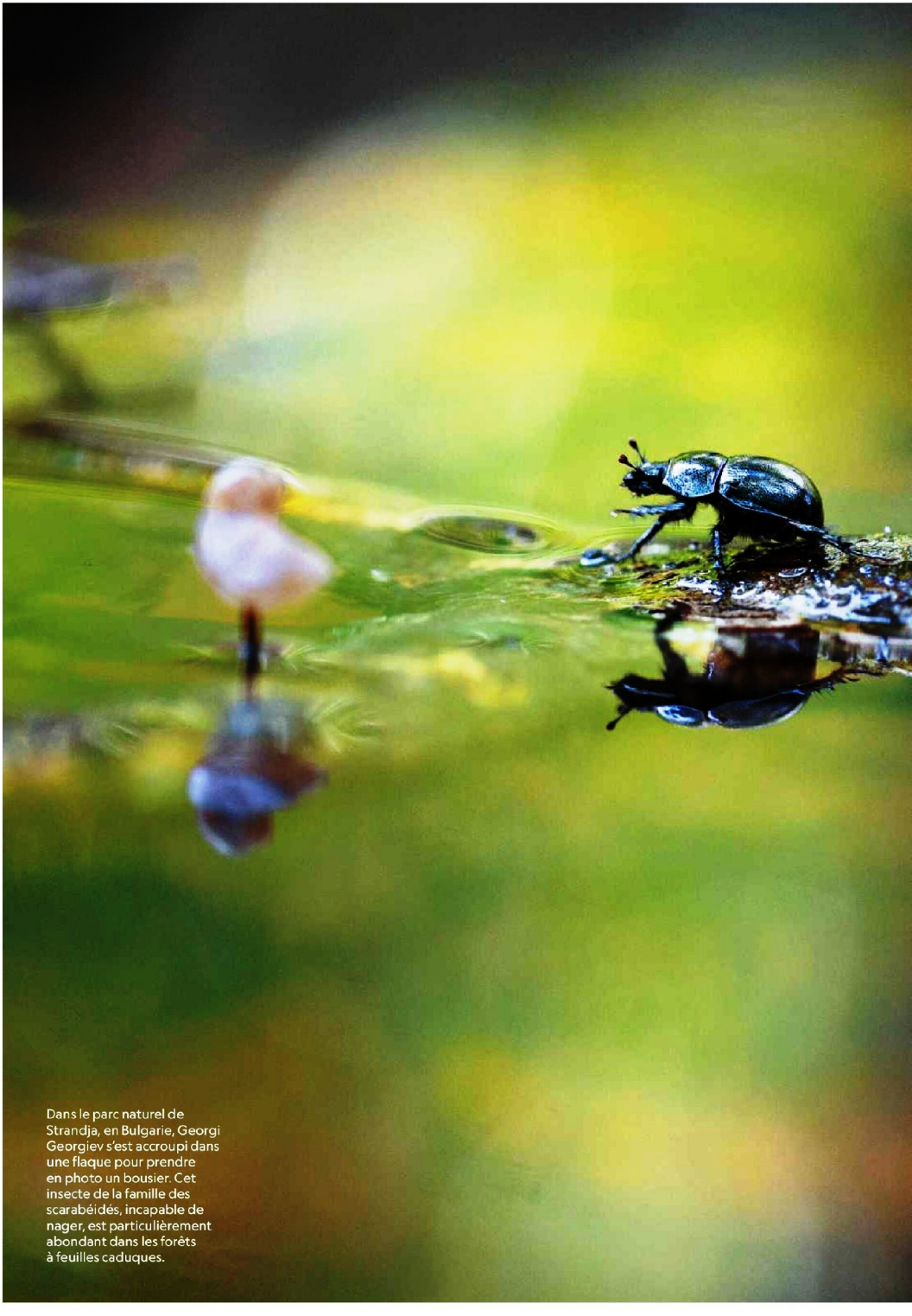
« On peut observer leur comportement, leur mode d'alimentation et de reproduction et leurs tactiques de survie », explique le photographe. Il a ainsi assisté à l'étreinte en forme de cœur de deux libellules. Il a observé des fourmis légionnaires travailler en équipe pour démembrer une proie en quelques minutes. « Leur monde est aussi beau que dangereux... Pour ces animaux minuscules, chaque jour est un combat pour la survie. »

Les insectes sont essentiels à la santé de la planète – et constituent un socle primordial dans la chaîne alimentaire globale. Ils permettent la circulation des nutriments dans le sol, assurent la pollinisation des fleurs et des cultures fruitières du monde entier, et aident à la dissémination des graines. Or le changement climatique, les pesticides et la perte d'habitat menacent ces créatures, dont les populations sont en net déclin. Écologue de formation, Georgi Georgiev sait bien ce qui est en jeu pour ses minuscules sujets. Mais photographier la beauté des insectes qui prospèrent dans leur milieu « [le] fait rêver », dit-il. « Ça me calme et m'apaise. » – NATASHA DALY

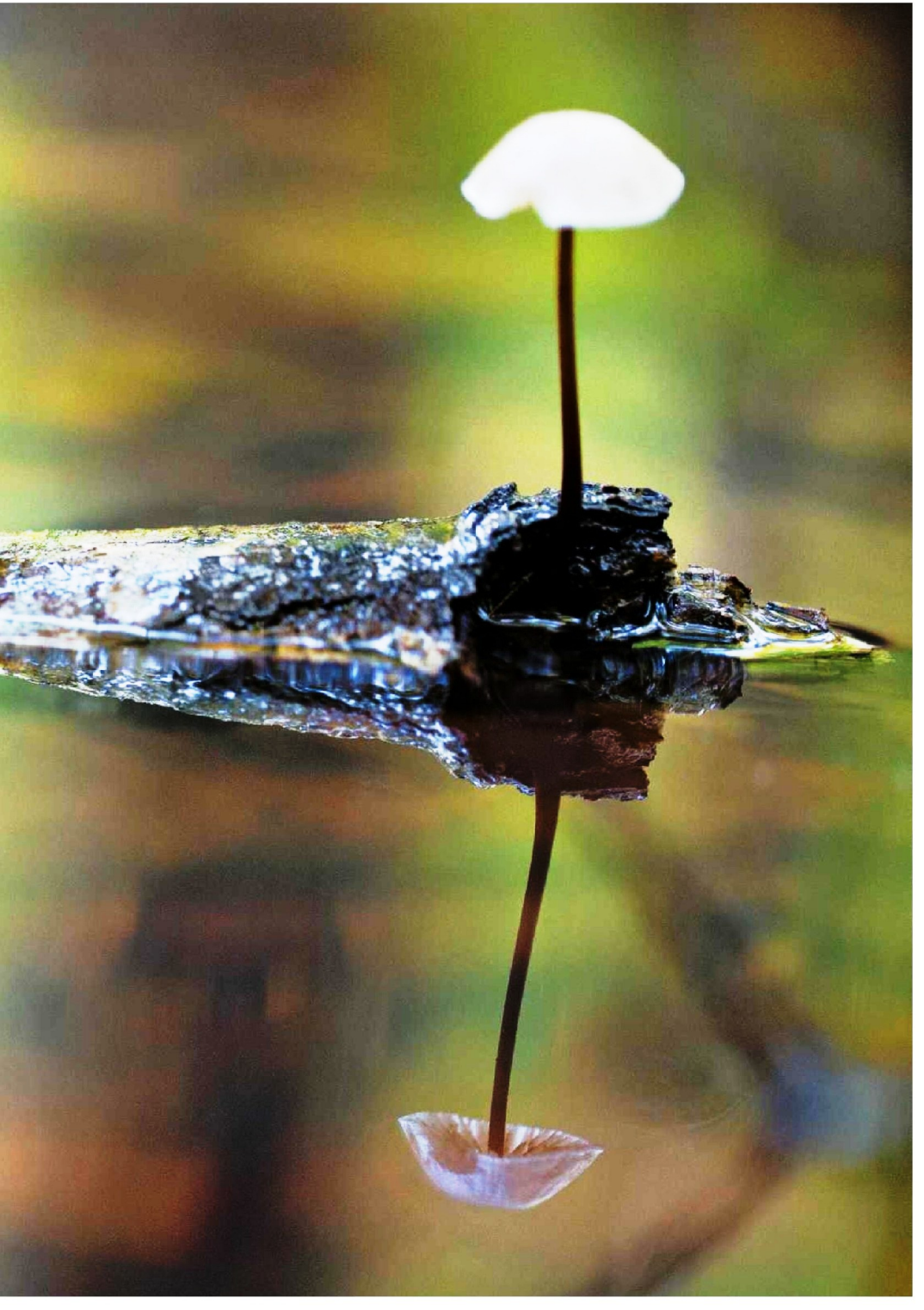


Une femelle de criquet des pâtures, une des espèces les plus répandues en Europe, est posée sur une feuille de saule, dans les Balkans, en Bulgarie. La plupart des femelles de cette espèce ne chantent pas, à l'inverse des mâles qui cherchent à attirer des partenaires en frottant leurs pattes postérieures sur leurs ailes les plus longues.

Au milieu des champignons, une mante religieuse étire ses pattes avant, qui lui servent à capturer et à tenir ses proies. Le photographe Georgi Georgiev a vu ces prédatrices chasser, mais il a aussi observé la délicatesse avec laquelle elles nettoient leurs membres antérieurs et leurs antennes.



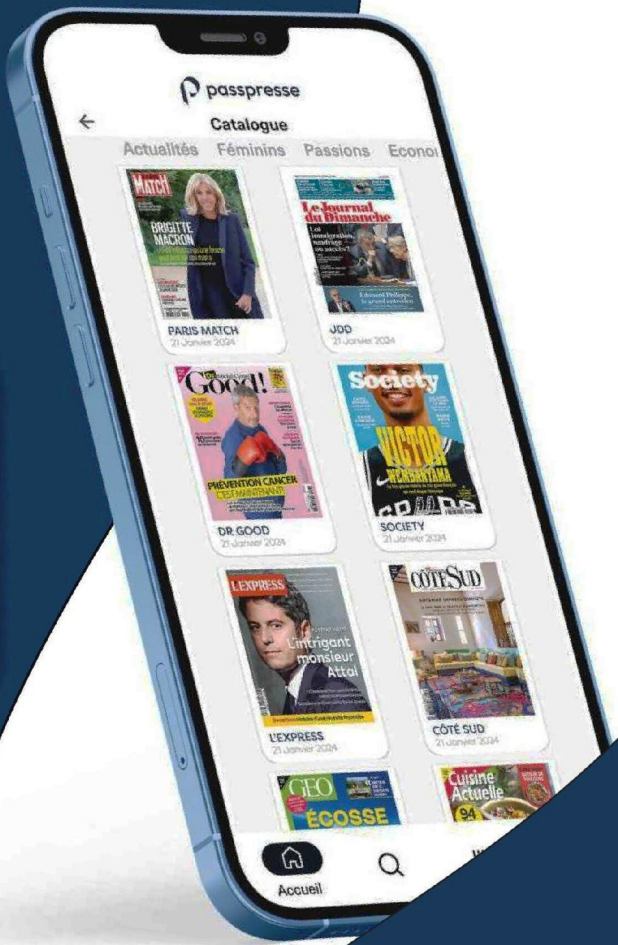
Dans le parc naturel de Strandja, en Bulgarie, Georgi Georgiev s'est accroupi dans une flaque pour prendre en photo un bousier. Cet insecte de la famille des scarabéidés, incapable de nager, est particulièrement abondant dans les forêts à feuilles caduques.



passpresse

Le sésame pour s'informer, se cultiver et se divertir sans limite

Essayer 1 mois gratuitement



Actualités, sport, féminin, culture, cuisine, art, santé...

Plus de 300 titres de presse à lire où que vous soyez, avec ou sans connexion internet.

Inclus dans votre abonnement CANAL+

Télécharger dans l'App Store

DISPONIBLE SUR Google Play

1er mois offert puis 9,99 € / mois sans engagement

Mangeait-on de la pizza à Pompéi ?

DANS LA VILLE EFFACÉE PAR L'ÉRUPTION DU VÉSUVE, DES VESTIGES FOURNISSENT DES INDICES SUR L'ALIMENTATION DES HABITANTS.

PAR **CHRISTINA STERBENZ**

QUAND DES ARCHÉOLOGUES ONT DÉCOUVERT à Pompéi une fresque vieille de près de 2 000 ans représentant ce qu'on pourrait appeler une « proto-pizza », la nouvelle a suscité une grande fébrilité. Si le morceau de pain plat pouvait sembler garni de viande, de légumes ou de fruits, il manquait cependant l'élément principal de la pizza : la tomate. En effet, le savoureux fruit n'arriverait pas en Europe avant le XVI[e] siècle, bien après que l'éruption du Vésuve eut décimé Pompéi et Herculanum en 79 après J.-C. La pizza telle que nous la connaissons ne serait pas inventée avant le XVIII[e] siècle, à Naples. Si les habitants de Pompéi ne mangeaient pas de pizza, les archéologues et les historiens ont cependant reconstitué l'essentiel de ce qu'ils consommaient, dont des condiments à la saveur proche de l'umami, des loirs farcis et un lointain ancêtre des lasagnes. C'est ce type de découvertes qui donne à Pompéi son caractère si exceptionnel.

Cette fresque vieille de 2000 ans mise au jour à Pompéi semble montrer une pizza. Mais les archéologues balayent l'idée, car la tomate ne poussait pas alors en Italie.

Bien que l'éruption du Vésuve ait été, selon les estimations, 100 000 fois plus puissante que les bombes atomiques larguées sur le Japon durant la Seconde Guerre mondiale, la ville n'a pourtant pas été détruite par la lave. Elle a été enveloppée presque instantanément par un nuage géant de cendres et de gaz brûlant, qui a calciné mais aussi préservé la plupart des matières organiques, dont la nourriture, explique Alessandro Russo, archéologue au parc archéologique de Pompéi.

Les habitants n'ont pas eu le temps de s'enfuir et sont morts en quinze minutes, selon une étude. Des expressions faciales sont même encore visibles sur certains des corps exhumés. Mais leur trépas soudain a aussi permis aux archéologues d'en apprendre davantage sur leur quotidien, comme la préparation des repas et leur régime alimentaire. En témoigne cette découverte, faite en 1930 à Herculanum : un four, qui contenait encore une miche de pain parfaitement conservée, portant des incisions réalisées à l'aide d'un roseau ou d'une ficelle, afin d'être rompue en morceaux plus facilement.

L'UN DES ALIMENTS LES PLUS POPULAIRES à Pompéi avait un goût semblable à une saveur devenue aujourd'hui très prisée, l'umami. Ce mot japonais fait référence à la cinquième saveur de base, retrouvée à Pompéi dans un condiment fait à partir de poisson, le *garum*. Cette sauce était salée et un peu épicée. Les Pompéiens, riches comme pauvres, en mettaient partout – un peu comme un « ketchup antique », résume Chiara Comegna. Cette archéobotaniste travaille pour Ales, une entreprise liée au ministère de la Culture italien et dédiée à la préservation de l'héritage culturel du pays. Le goût du *garum* est assez proche de celui de la sauce de poisson thaïe ou vietnamienne, selon le Pompeii Food and Drink Project, un groupement d'historiens, d'archéologues, d'ingénieurs et de bénévoles qui ont aidé à étudier la nourriture de la ville de 2001 à 2019.

« Imaginez que votre alimentation, en particulier si vous êtes pauvre, se résume à du gruau. Que feriez-vous pour donner du goût à votre repas et en améliorer le contenu nutritionnel ? », demande Benedict Lowe, professeur d'histoire à l'université du Nord de l'Alabama, qui a travaillé avec le Pompeii Food and Drink Project. « Vous ajouteriez du *garum*. C'est épicé. Âcre. Mais riche en protéines. » Le *garum* produit à Pompéi était réputé pour sa qualité. Il était obtenu par la fermentation de poisson – souvent du *Boops boops*, une espèce de daurade aussi connue sous le nom de bogue – dans du sel, et parfois d'autres épices, pendant trois mois. À mesure que la chair se décomposait, les arêtes s'enfonçaient, laissant remonter à la surface un liquide, le *garum*.

« Quand on a trouvé des jarres de *garum*, on pouvait encore en sentir l'arôme », raconte Benedict Lowe. En 2009, avec un collègue, il a analysé la composition chimique de cette sauce et

PHOTO : ABACA PRESS, ALAMY

LE PHILOSOPE SÉNÈQUE ÉCRIVAIT AVEC IRONIE QUE, POUR UN ROMAIN, UN POISSON N'ÉTAIT FRAIS QU'À CONDITION D'AVOIR ÉTÉ TUÉ DANS SON ASSIETTE.

découvert ses similitudes avec l'umami. « J'en ai un échantillon et, chaque fois que je l'ouvre, l'âcreté du parfum de l'anchois salé envahit la pièce. »

Si des preuves carbonisées de ce que mangeaient les Pompéiens ont été découvertes, des recettes, écrites sur du papyrus et traduites par des moines du Moyen Âge, fournissent aussi des indices, selon Chiara Comegna. L'une d'elles décrit ce qu'elle appelle un « ancêtre de la lasagne » : « Pas de tomates, simplement de la viande, de la ricotta et des couches de pâte, détaille-t-elle. La lasagne est le nom moderne, mais l'idée est très proche. »

Un autre plat – un mets délicat réservé principalement aux Pompéiens aisés – était le loir gris farci, un ancêtre de notre loir sauvage actuel, en plus gros et plus charnu. Les animaux étaient placés vivants dans un *glirarium*, un récipient en terre cuite fermé par un couvercle et perforé pour qu'ils puissent respirer. Il était généralement rempli de noix pour que les loirs engraissent avant d'être cuisinés. « Dans le livre de recettes d'Apicius, le loir était farci avec du porc, du poivre, des pignons de pin et de la sauce de poisson », explique Benedict Lowe.

En 2005, sur le site archéologique, des chercheurs ont cultivé certains des fruits et des légumes que consommaient les Pompéiens, comme des figues, des olives, des prunes et des raisins (ils se fournissaient aussi en dattes provenant d'Afrique du Nord) et ont recréé de nombreuses recettes de l'antique cité. Les visiteurs pouvaient ainsi se régaler de *savillum*, un dessert très prisé proche du flan, de pêches au miel et de jambon.

Outre la consommation de *garum*, le régime des Pompéiens reposait beaucoup sur le poisson. Des arêtes de quarante-trois espèces de poisson ont été retrouvées dans un égout d'Herculanum, précise Benedict Lowe. Les protéines provenaient aussi du mouton, du poulet, des lentilles et des haricots, indique Chiara Comegna. Des céréales comme l'avoine et l'orge étaient aussi courantes.

La majorité des aliments consommés à Pompéi était fade. Les Romains de l'Antiquité disposaient de sel en abondance, mais de peu d'autres arômes, et se sont donc tournés vers l'Inde pour acheter des épices comme la cannelle et le poivre. Ils en achetaient tant que, à une période, les Indiens ont utilisé la monnaie romaine comme devise. Mais seuls les plus riches pouvaient s'en offrir. D'après Benedict Lowe, ceux-ci disposaient même de bassins d'eau salée dans leur demeure, à côté de la salle à manger, qu'ils remplissaient de poissons pêchés juste avant le repas. L'historien rapporte aussi que Sénèque, un des plus importants philosophes stoïciens de l'époque, écrivait avec ironie que, pour un Romain, un poisson n'était frais qu'à condition d'avoir été tué dans son assiette. Selon Chiara Comegna, les habitants de Pompéi aromatisaient aussi leur vin et en changeaient la couleur en utilisant des fèves. Certaines ont été retrouvées au fond d'amphores à vin dans un *thermopolium*, un lieu de restauration mis au jour dans sa totalité en 2020.

LES COMPTOIRS DES *THERMOPOLIA* peuvent être considérés comme les fast-foods d'antan. Pompéi en comptait environ quatre-vingts, où les habitués, surtout des ouvriers, s'arrêtaient pour manger un repas chaud ou faire des provisions, raconte Benedict Lowe. On y servait, en plus du vin, des escargots, du canard, de l'oie, du porc et de la chèvre dans des jarres encastrées dans le comptoir.

Aucun ustensile n'ayant été retrouvé à Pompéi, Benedict Lowe pense que les repas étaient constitués de bouchées, qui étaient probablement dégustées avec les doigts. Elles étaient sans doute plus pratiques pour les Pompéiens, qui mangeaient allongés sur des banquettes – découvertes dans des maisons. Toutefois, ils possédaient aussi de la vaisselle remarquable, comme des bols ornementés en terre cuite et des pichets en verre coloré.

À l'époque, il n'était guère question de prendre un petit déjeuner – mis à part, quelquefois, chez les empereurs – et les déjeuners étaient plutôt rares. Les Pompéiens se réservaient pour le dîner. Les femmes se contentaient d'un dîner modeste avec leur famille. En revanche, les hommes – en particulier les riches habitants – organisaient des banquets ostentatoires, qui commençaient vers 3 ou 4 heures de l'après-midi et qui pouvaient se poursuivre jusqu'aux petites heures du jour. « Si on voulait être correct et respectueux, il fallait terminer au crépuscule ou en début de soirée », précise Benedict Lowe. « On mangeait encore et encore, une dizaine de plats, on mangeait jusqu'à s'en rendre malade. On se faisait ensuite vomir, et on recommençait à manger. » □

Christina Sterbenz est une journaliste basée à New York.

DES NOUVELLES DU MONDE DE LA SCIENCE ET DE L'INNOVATION

Une brique pour un nid
Les martinets nichent dans des fentes de vieux bâtiments, de plus en plus rares. Pour éviter la baisse de population de ces oiseaux, des écologistes britanniques ont créé des briques-nichoirs et militent pour leur intégration dans les nouvelles constructions. –ANNIE ROTH

ASTRONOMIE

ÉCLIPSE SONORE

DES ASTRONOMES PROPOSENT À DES DÉFICIENTS VISUELS UNE MÉTHODE INNOVANTE POUR VIVRE CET ÉVÉNEMENT CÉLESTE.

Le 8 avril 2024, une éclipse solaire totale sera visible depuis une partie de l'Amérique du Nord. Pour ceux qu'une déficience visuelle prive de ces spectacles, des astronomes de l'université Harvard ont développé Light-Sound, un dispositif de la taille d'un smartphone qui utilise le principe de la sonification pour traduire la luminosité ambiante en signaux sonores. Ainsi, le son d'une flûte représente une lumière forte, celui d'une clarinette indique le début de l'éclipse partielle et des tintements doux marquent sa complétude – une bande d'environ 150 km de large de surface terrestre sera alors dans l'ombre de la Lune.

Environ 500 dispositifs LightSound seront distribués à des musées, des parcs nationaux ou régionaux et à des écoles pour non-voyants des États-Unis. Selon Allyson Bieryla, directrice du laboratoire d'astronomie de Harvard, « l'excitation provoquée par les événements astronomiques peut inspirer une nouvelle génération de grands penseurs et nous avons besoin d'eux, sans exception. » –STEPHANIE VERMILLION

COMPORTEMENT ANIMAL

Un très long voyage

Une baleine à bosse a battu le record de son espèce en parcourant plus de 11 000 km dans le Pacifique. Ce mâle avait auparavant été repéré en mer de Béring, loin des routes migratoires de ces cétacés, qui se reproduisent près du Mexique. À l'aide des données du site web Happywhale, des chercheurs ont recensé 117 autres baleines faisant des voyages similaires, signe de migrations plus complexes qu'on ne le pensait.
–BRIANNA RANDALL

PHOTOS (EN PARTANT D'EN HAUT) : SIMON STIRRUP ; RGB VENTURES/SUPERSTOCK/ALAMY STOCK PHOTO ; ALLYSON BIERYLA ; RALPH PACE, WHALE TRUST (PRISE DANS LE CADRE DU PERMIS NMFS 13846)

POUR L'ARMURE DE L'ART

PHOTOGRAPHIE DE **CHRISTIE HEMM KLOK**

1. Compas
Ils assurent la symétrie des mesures de surfaces courbes, pour la visière d'un casque, par exemple.

2. Poinçons
Ils permettent de façonner des formes bombées, qui peuvent être le point de départ d'une armure.

3. Poix
Cette matière collante maintient les pièces métalliques en place durant le travail de décoration.

4. Scie de bijoutier
Ses lames interchangeables permettent une découpe de grande précision sur différents matériaux.

LE CHAT ET LA SOURIS. Et si ces éternels ennemis étaient équipés tels des guerriers d'autrefois – samouraïs japonais ou chevaliers de l'époque des Tudors ? L'artiste canadien Jeff de Boer explore cette idée fantaisiste en concevant des armures de grande qualité, adaptées à des chats ou à des souris – non pas pour qu'elles soient revêtues par les animaux eux-mêmes, mais pour nous amuser, nous autres les humains. Depuis les années 1980, il en a créé environ 800, transformant du métal ordinaire en « petits, mais puissants » chefs-d'œuvre. – HICKS WOGAN

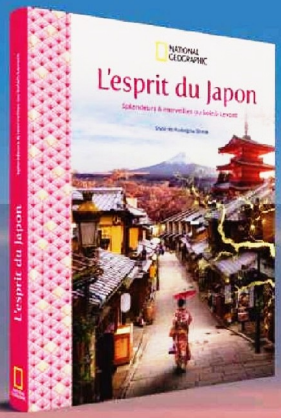
5. Marteau de repoussage
L'artiste s'en sert pour créer des reliefs sur le métal, en recourant à la technique dite du « repoussé ».

6. Support de formage
Cet accessoire sur mesure permet de mouler les métaux – en général laiton, nickel, argent ou acier.

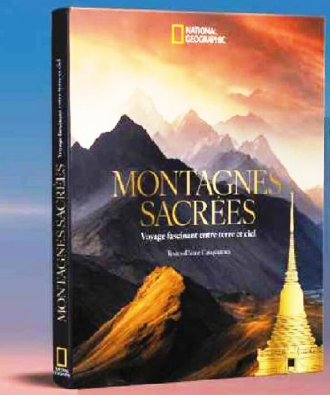
7. Marteaux et limes
Les premiers servent à mettre en forme ou encore à riveter ; les seconds à usiner, égaliser ou ébavurer.

8. Chalumeau
Chauffé, le métal est plus malléable. Pour voir Jeff de Boer à l'œuvre, rendez-vous sur *natgeo.com/armor*.

UNE **FENÊTRE** OUVERTE SUR LE MONDE AVEC NATIONAL GEOGRAPHIC



Entre traditions et modernité, îles et gratte-ciels, mystères et secrets, le Japon dévoile ses multiples facettes dans ce livre, pour une immersion à travers des paysages singuliers et des coutumes qui font le charme du pays du Soleil Levant.

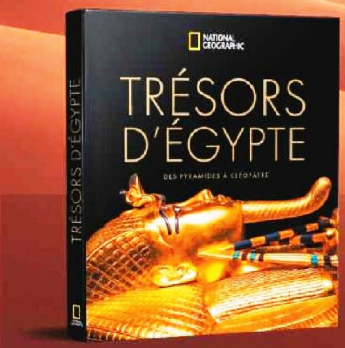


Du mont Olympe au Kilimandjaro en passant par l'Everest, ce livre révèle les secrets de ces sommets emblématiques et leur patrimoine tant historique que naturel, objets de croyances et de légendes.

TITANIC

Une heure, à peine : c'est le temps qu'il vous reste pour quitter le Titanic avant qu'il ne sombre définitivement dans les eaux glacées de l'Atlantique ! Passagers ou membres d'équipage, parviendrez-vous à surmonter les obstacles et à embarquer sur l'un des 65 canots de sauvetage ? Ne cédez pas à la panique ! C'est une question de survie.

Comprend 3 enquêtes de 45 minutes



De l'ouverture de la tombe de Toutankhamon à la découverte de la barque solaire de Gizeh en passant par la vie de Cléopâtre, cet ouvrage célèbre plus d'un siècle de découvertes majeures en égyptologie et retrace l'histoire de la civilisation antique qui ne cesse de nous fasciner.

DISPONIBLES EN LIBRAIRIE ET SUR **PRISMASHOP.FR**

FERNANDO TRUJILLO

Fernando Trujillo tient le rostre d'un dauphin rose tandis que son équipe mesure et examine l'animal avant de le remettre à l'eau. Depuis plus de trente ans, ce biologiste marin œuvre à protéger les dauphins de rivière.

Il se bat pour les « ambassadeurs roses » de l'Amazone.

En septembre dernier, c'est par téléphone que les alertes en provenance du lac de Tefé, au Brésil, sont d'abord parvenues à Fernando Trujillo. Ses collègues scientifiques l'appelaient, paniqués. L'implacable été 2023 avait fait monter la température de ce lac amazonien à des niveaux jamais enregistrés et, comme ils l'avaient craint, les dauphins roses (ou botos) en payaient le prix. « Trois dauphins morts, se souvient-il. Puis cinq. Puis soixante-dix en une seule journée. » Pour ce Colombien, biologiste marin et Explorateur pour National Geographic devenu défenseur des dauphins d'eau douce sur la scène internationale, la catastrophe du lac de Tefé doit être appréhendée comme une tragédie et comme un témoignage nécessaire sur la vulnérabilité de ces animaux.

En quelques jours, 157 botos, soit 10 % de la population du lac, sont morts dans une eau dépassant les 38 °C. Deux mois plus tard, les analyses étaient toujours en cours pour déterminer la cause des décès, mais le stress thermique semble l'explication la plus probable. Selon Fernando Trujillo, l'attention dont cette hécatombe a fait l'objet pourrait aider le grand public à comprendre les autres menaces – la perte d'habitat, la pollution de l'eau, la surpêche, la chasse – qui pèsent sur les dauphins d'eau douce dans les quatorze pays où on les trouve.

Il travaille sur le sujet depuis ses études et une intervention du commandant Cousteau dans son université. « Je lui ai demandé quel domaine serait important à étudier. Il m'a répondu : "Les dauphins." Ça sonnait presque comme un ordre. » Dans le cadre de l'expédition Perpetual Planet Amazon de National Geographic et Rolex dans le bassin amazonien, Fernando Trujillo aide aussi à coordonner les engagements de conservation internationaux, comme la Déclaration mondiale pour les dauphins de rivière. — CYNTHIA GORNEY

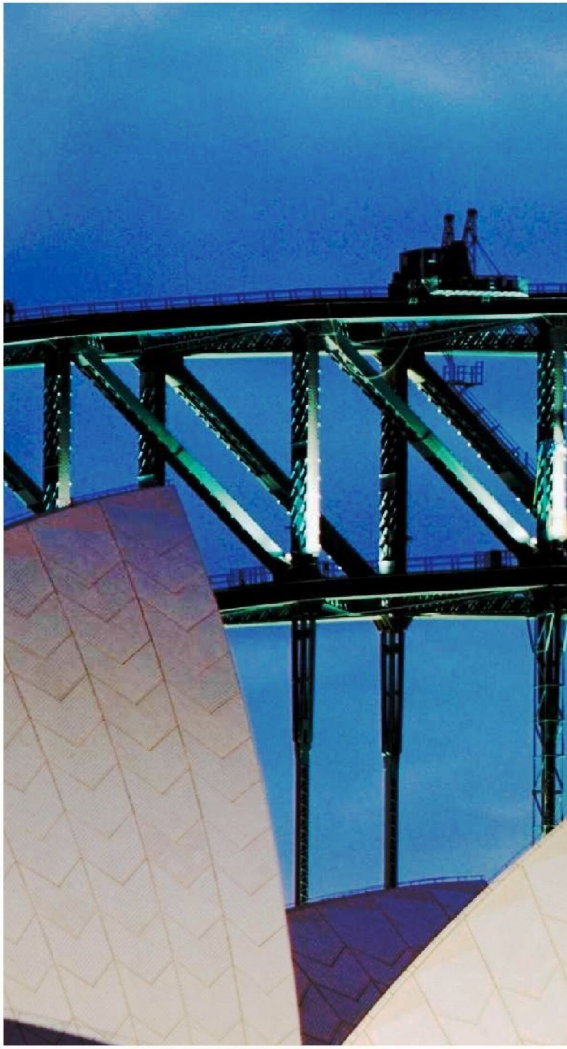
Cet article a été financé par Rolex, partenaire, avec la National Geographic Society, d'expéditions scientifiques qui rendent compte des changements en cours dans des régions uniques de la planète.

PHOTO : THOMAS PESCHAK

Tous sur le pont !

L'AUSTRALIE A TRANSFORMÉ UN OUVRAGE D'ART EN IMPROBABLE ATTRACTION TOURISTIQUE – ET DÉCLENCHÉ L'ESSOR DES AVENTURES URBAINES.

PAR **LARRY BLEIBERG**



JE ME TIENS SUR UNE PASSERELLE en acier, à 134 m au-dessus du port de Sydney, quand une voix crépite dans mon casque audio. Mon guide me dit de regarder à droite et de contempler l'une des plus époustouflantes vues de la planète. Devant moi: les célèbres coquilles de l'opéra de Sydney et les ferries qui sillonnent l'eau étincelante. Sous mes pieds, les voitures et les trains filent sur le pont à la plus haute arche en acier du monde. Alors que la nuit tombe, j'ai l'impression de flotter au-dessus d'une ville miniature. Je comprends pourquoi l'ascension du Harbour Bridge de Sydney se classe parmi les expériences les plus populaires d'Australie, avec plus de 4 millions de visiteurs depuis son lancement, il y a vingt-cinq ans. Sa fréquentation a fait du pont un site instantanément identifiable et a rendu l'expérience tentante pour tous ceux qui débarquent sur le continent. Elle a aussi eu un impact sur le tourisme dans le reste du monde.

Cette attraction a séduit une nouvelle génération de touristes amateurs de sensations fortes. « Ils voulaient plus [...] que la découverte des sites et avaient envie d'activités en apparence un peu effrayantes », explique David Beirman, chercheur associé qui enseigne le management du tourisme à l'Université de technologie de Sydney. Elle a aussi ouvert la voie à de nouvelles aventures urbaines, comme marcher sur le sol en verre d'une plateforme d'observation ou escalader un gratte-ciel.

Étonnamment facile, l'ascension du pont de Sydney a séduit des visiteurs de 8 à 100 ans. Son sommet a été le théâtre d'innombrables demandes

Des visiteurs se tiennent au sommet du Harbour Bridge, à Sydney, dont l'arche rappelle la toiture de l'opéra.

en mariage et de plus de trente unions. En période de pointe, un guide emmène un petit groupe sur la superstructure du pont toutes les 5 min. Les visiteurs empruntent des échelles et des coursives construites pour les techniciens de maintenance. Équipés de harnais et accrochés à des câbles durant toute la visite, ils portent la même combinaison bleue pour se fondre dans le décor et ne pas perturber les conducteurs en contrebas. « Il est interdit d'avoir des vêtements trop lâches, un appareil photo ou des lunettes de soleil », précise Barry Newling, responsable de l'agence gouvernementale propriétaire et gestionnaire du pont. « Imaginez qu'un appareil photo tombe sur un pare-brise ! » □

Larry Bleiberg est un journaliste et photographe irlando-australien. Il est basé à Perth, en Australie.

Toujours plus haut

À Kobe (Japon), les visiteurs marchent sur une passerelle sous le **pont du détroit d'Akashi,** un des plus longs ponts suspendus du monde. Des sauts à l'élastique sont proposés depuis le **Harbour Bridge d'Auckland** (Nouvelle-Zélande). Et la visite du **pont de New River Gorge,** en Virginie-Occidentale (États-Unis) offre une vue à 267 m au-dessus de l'eau.

PHOTO : DESIGN PICS INC. /ALAMY STOCK PHOTO

SPENCER LOWELL

LE MEILLEUR D'INSTAGRAM

QUI

Un photographe basé en Californie, spécialisé dans l'espace et la technologie.

OÙ

Hat Creek, Californie.

QUOI

Un appareil photo Phase One XF avec un objectif 50 mm.

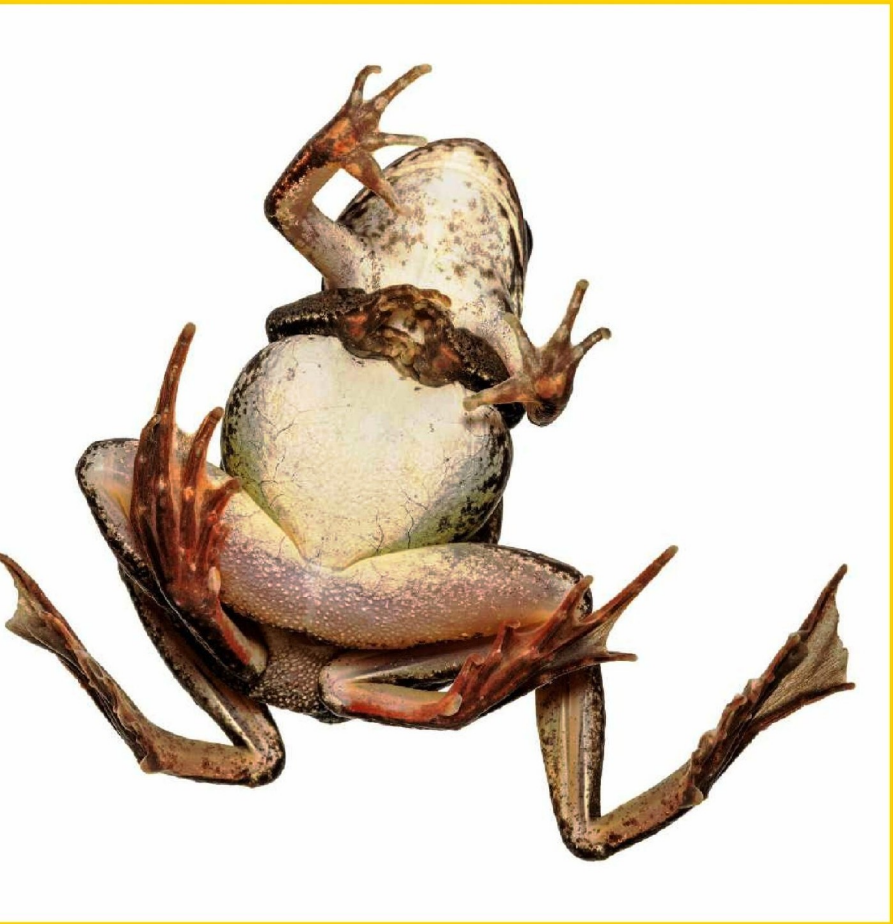
Pendant un reportage sur la quête d'une vie extraterrestre, Spencer Lowell a visité l'Allen Telescope Array (ATA), dans le nord de la Californie. Ensemble, ces quarante-deux antennes forment un radiotélescope capable de scruter de vastes pans du ciel, à différentes longueurs d'ondes, dans le but d'identifier d'éventuels signaux de formes de vie avancées sur de lointaines exoplanètes. Le photographe a saisi l'image d'un technicien affairé sur l'une de ces antennes, dont on ne voit que les jambes. Ce qui, d'après Spencer Lowell, donnait l'impression que lui aussi « recherchait activement quelque chose ».

National Geographic compte plus de 457 millions d'abonnés sur Instagram.
Rejoignez-les sur **@natgeo, @natgeotravel, @natgeointhefield, @natgeoadventure, @natgeoyourshot, @natgeotv, @natgeowild,** et **@natgeodocs**

FÉVRIER 2024

Un musée en plein désert..... p. 32
L'âge du verre..... p. 46
Le cœur vert de Bornéo..... p. 76
Ces mares où la forêt bouillonne de vie..... p. 100
À la dérive..... p. 118

ENQUÊTES ET REPORTAGES



100

DANS LES MARES TEMPORAIRES, LE PRINTEMPS SONNE LE DÉBUT DE LA SAISON DES AMOURS POUR LES GRENOUILLES DES BOIS, QUI DÉGÈLENT APRÈS LEUR LONGUE DORMANCE HIVERNALE.

PHOTO : TRISTAN SPINSKI

UN MUSÉE EN PLEIN DÉSERT

PAR **HENRY WISMAYER**

PHOTOGRAPHIES DE **MATJAZ KRIVIC**

LE SAHARA ALGÉRIEN RENFERME DES ŒUVRES QUI CONSTITUENT L'UNE DES PLUS GRANDES COLLECTIONS D'ART PRÉHISTORIQUE DU MONDE.

Une gravure rupestre dans le parc national du Tassili n'Ajjer, en Algérie, représente des éléphants, des girafes et des humains. Ces pétroglyphes du Néolithique auraient été gravés grâce à des disques de pierre.

Dans le Tassili n'Ajjer, classé au patrimoine mondial, se dresse le massif montagneux de la Tadrart rouge, qui tire son nom de la couleur de son sable et de ses roches.

JADIS, DANS LES PLAINES verdoyantes de l'Afrique du Nord, un chasseur-cueilleur embrassa du regard un grand rocher de grès orange. L'immense paroi constituait une toile idéale ; un lourd disque de pierre lui tenait lieu d'outil. Tout comme les autres artistes du Néolithique, il dessina ce qui lui était familier : un grand corps avec des motifs sur quatre pattes fines, et un long cou surmonté d'une tête au profil aquilin. Les lointains descendants de cet homme connaîtraient une vie de déplacements, sans cesse en quête de précieuses ressources. Mais lui, en ces temps d'abondance, avait tout le loisir de travailler cette paroi, de creuser les lignes, geste après geste, leur assurant ainsi de traverser les siècles.

Aujourd'hui, s'il est possible de se tenir au même endroit et de regarder la gravure d'une girafe mesurant 1,5 m de haut, la présence d'un tel animal dans la région a quelque chose de surréaliste. Le paysage n'a plus rien à voir – il est plus aride, plus rouge, avec un ciel sans nuage –, mais tout aussi extraordinaire. À perte de vue, le sable et la roche du Sahara central composent le tableau d'une nature immobile et sans vie.

À l'écart, méconnu, le parc national du Tassili n'Ajjer, dans le sud-est de l'Algérie, figure pourtant parmi les plus vastes zones protégées d'Afrique. Vestige d'un immense plateau de grès précambrien, bordé de dunes orange, il s'étend sur 72 000 km² de désert, jusqu'aux frontières avec la Libye et le Niger.

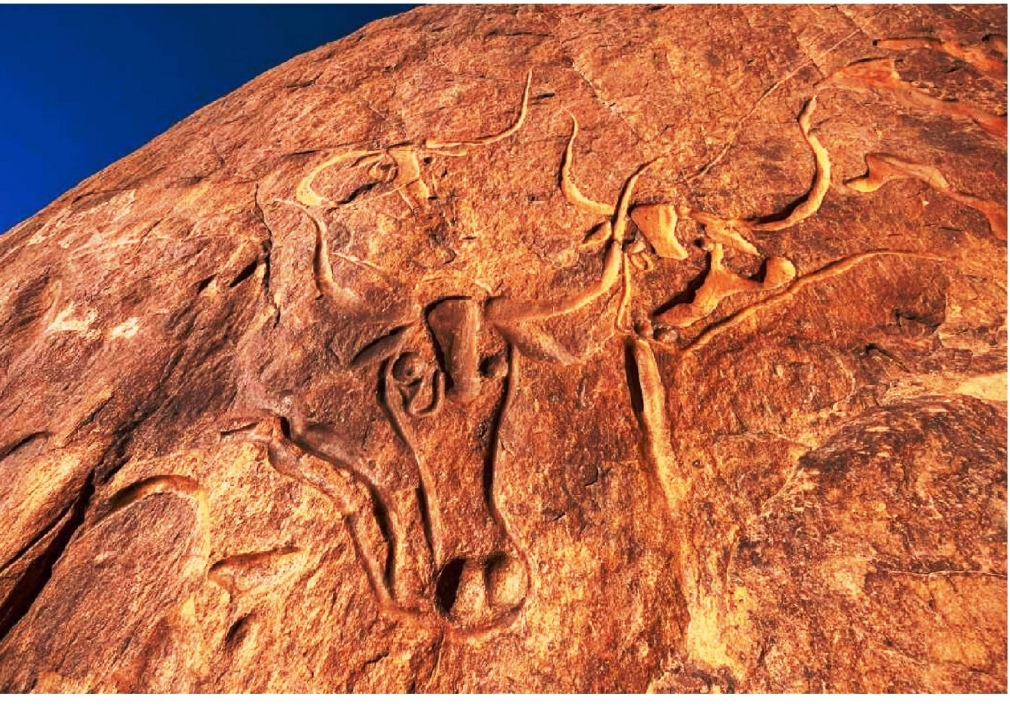
L'immensité de la Tadrart rouge compte parmi ses joyaux, accessible en 4 x 4 à partir de l'oasis de Djanet. Ici, comme ailleurs dans le Tassili, l'érosion millénaire a taillé la roche en pitons et sculpté des affleurements en figures étranges et zoomorphes. Une tour de grès colossale, percée d'ouvertures de 15 m de haut, est surnommée la Cathédrale. Un rocher en équilibre sur quatre fines « pattes » de pierre a été baptisé le Hérisson. Des silhouettes en forme de champignon de 3 m de haut s'élèvent, solitaires, au milieu de grandes étendues de sable. Le parc contiendrait plus de 300 arches naturelles. Ses innombrables formations rocheuses, souvent décrites comme des « forêts de pierre », suffisent seules à classer le Tassili n'Ajjer parmi les plus beaux paysages de la planète. Elles ne représentent cependant que la moitié de l'histoire. La majesté du Tassili réside certes dans la splendeur de ses roches,

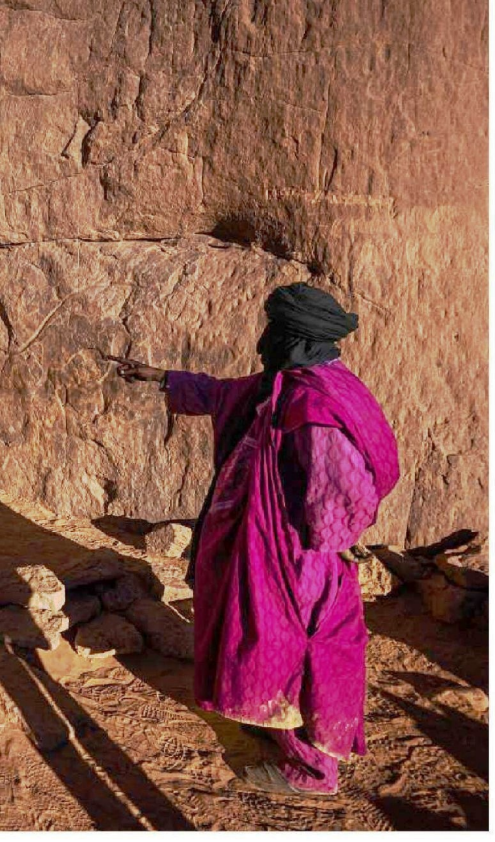
Si nombre d'œuvres préhistoriques du Tassili n'Ajjer sont des gravures, d'autres, telle celle-ci, sont peintes avec des pigments minéraux.

mais aussi dans ce que les générations antérieures y ont laissé. Vues de loin, leurs stries pourraient avoir l'air de curiosités pétrographiques non identifiées. De plus près, elles constituent des images reconnaissables : des gravures et peintures d'animaux et de figures humaines décrivant l'évolution de la vie sur ces territoires au cours des 12 000 dernières années.

Ce musée à ciel ouvert se distingue par l'ancienneté et la qualité de ses vestiges, mais aussi par son gigantisme. Le parc national compterait

Le guide Abdellah Elies, à droite, raconte la légende de « La vache qui pleure », une célèbre gravure préhistorique sur une paroi rocheuse entre l'oasis de Djanet et la Tadrart rouge. Le troupeau représenterait le désespoir des pasteur de la région à la fin de la « période humide » en Afrique, quand le Sahara verdoyant est devenu aride.





SI L'ART RUPESTRE DU TASSILI EST CONNU DES TOUAREG NOMADES DEPUIS DES GÉNÉRATIONS, LE MONDE L'A DÉCOUVERT AVEC L'ARCHÉOLOGUE FRANÇAIS HENRI LHOTE, QUI A PASSÉ SEIZE MOIS SUR PLACE À ÉTUDIER ET À RELEVER DES CENTAINES DE CES ŒUVRES EN 1956 ET 1957.

environ 15 000 œuvres d'art, souvent regroupées dans des renfoncements naturels de surplombs ou de niches surélevées, qui offraient autant de lieux abrités aux artistes.

Si l'art rupestre du Tassili est connu des Touareg nomades depuis des générations, le monde l'a découvert avec l'archéologue français Henri Lhote, qui a passé seize mois sur place à étudier et à relever des centaines de ces œuvres en 1956 et 1957. Plus tard, il a été critiqué pour son mépris des populations locales et pour ses pratiques destructrices. Comme les premiers touristes dans son sillage, il badigeonnait d'eau les peintures pour en faire ressortir les couleurs, accélérant ainsi leur dégradation.

Malgré tout, une exposition de reproductions et d'objets (des poteries et des outils), qu'il avait rapportés d'Algérie, au musée des Arts décoratifs à Paris en 1957, a été auréolée d'un franc succès. Dans son livre *À la découverte des fresques du Tassili*, Henri Lhote écrivait qu'il considérait la région comme « le plus grand musée d'art préhistorique du monde ».

Au cours des décennies suivantes, l'archéologue et ses successeurs ont classé l'art rupestre du Tassili en plusieurs périodes. Parmi les œuvres les plus énigmatiques et les plus anciennes figurent celles de la période bubaline, également dite des « têtes rondes », en référence au grand nombre de silhouettes aux têtes démesurées et sans visage. Ces personnages, dont certains dateraient d'il y a 10 000 ans, ont suscité toutes sortes de théories. Selon l'ethnobotaniste italien Giorgio Samorini, le caractère irréel des têtes et les motifs fractals qui ornent certaines gravures animales de la même époque

constituent des indices d'une spiritualité marquée par l'ingestion de substances psychoactives comme la psilocybine.

LES REPRÉSENTATIONS d'êtres humains archaïques semblent incongrues, mais les images d'animaux ne sont pas en reste. Nombre de pétroglyphes parmi les plus importants et les plus complexes du Tassili dépeignent de grandes créatures d'ordinaire associées à l'Afrique subsaharienne, comme des éléphants, des autruches, des lions, des girafes, des rhinocéros, des aurochs, des crocodiles, des antilopes ou encore des hippopotames.

Le décor fantôme expliquant leur présence est celui du « Sahara vert ». L'ampleur de l'érosion dans tout le Tassili n'Ajjer, en particulier dans le dédale de profonds ravins dans le nord de la région, indique que ces étendues sauvages étaient jadis sillonnées de cours d'eau. Des études géologiques récentes ont avancé l'hypothèse que ce qui est aujourd'hui le plus grand désert « chaud » du monde a connu 230 « périodes humides » associées à d'abondantes précipitations, la dernière d'entre elles ayant commencé il y a environ 15 000 ans.

Selon les paléoclimatologues, des modifications de l'axe de rotation de la Terre et de son orbite par rapport au Soleil pendant ces périodes humides en Afrique a réchauffé l'hémisphère Nord. Des moussons estivales plus longues et plus intenses ont rempli les dépressions de lacs et de zones humides. De grands fleuves ont relié l'Atlantique au rivage méditerranéen du Maghreb. D'après l'historique des littoraux, le lac Tchad, à 1 000 km au sud du Tassili, était jadis plus grand que l'Allemagne. Cette gigantesque étendue d'eau couvrait environ 400 000 km², soit vingt-quatre fois sa superficie actuelle.

L'épisode le plus récent de ce phénomène récurrent aurait été contemporain des premières civilisations. Des carottes de sédiments prélevées au fond de l'Atlantique, au large de la Mauritanie, à 2 700 km à l'ouest de Djanet, révèlent que les « flux de poussières » qui se sont échappés du Sahara il y a 11 000 à 5 000 ans de cela ont chuté de manière spectaculaire. Ces mêmes prélèvements contiennent des pollens d'espèces végétales que l'on trouve non pas dans le désert, mais dans les savanes luxuriantes. C'est cette abondance-là que représentent les plus anciens pétroglyphes du Tassili. À mesure que les prairies se sont étendues dans l'intérieur des terres d'Afrique du Nord, les herbivores ont migré vers le nord pour en profiter, suivis de leurs prédateurs tant animaux qu'humains.

L'entrée d'une grotte offre un panorama sur les formations d'Oan Atan, ensemble d'affleurements gréseux et de mesas dans la Tadrart rouge.

LE MAKING OF
Découvrez les coulisses de cette photo p. 136

L'art rupestre des périodes ultérieures du Tassili n'Ajjer témoigne des changements climatiques et des évolutions sociales qui ont suivi. Parmi les motifs les plus courants figurent ainsi les représentations naturalistes de bétail, témoins du recul de la chasse et de la cueillette au profit du pastoralisme. De nombreuses images de cette époque qui restent encore visibles aujourd'hui ont été dessinées avec des pigments ocre et carmin, obtenus à base de pierre broyée et de sang de bovin.

Une œuvre fait exception, qui compte parmi les plus célèbres de la région. Il s'agit de celle surnommée « La vache qui pleure », un ensemble de gravures découvertes sur un affleurement isolé, près de la route reliant aujourd'hui Djanet

à la frontière libyenne. Elle représente un groupe de bovins dessinés en longues lignes élégantes. Les bêtes font face à celui qui les regarde et une larme coule sous leurs yeux. La légende locale veut que cette œuvre illustre l'angoisse des pasteurs confrontés à la diminution des pluies et à la disparition progressive de la végétation sahélienne qui avait nourri de grands mammifères durant des millénaires.

Ces vaches en pleurs symbolisent les prémices du Sahara aride d'aujourd'hui. Quand l'abondance a laissé place à la poussière, la transition vers le nomadisme a ouvert la dernière période artistique, dite « cameline », dominée par des dessins schématiques de dromadaires, souvent composés d'un corps triangulaire assorti de lignes droites pour représenter le cou et les pattes. Les gravures de la période humide, réalisées au fil de semaines ou de mois, ont alors été supplantées par ce que l'on pourrait qualifier de graffitis hâtifs, réalisés par des individus sans cesse en mouvement. Les Touareg ont hérité de ce mode de vie, qui pousse les populations à migrer sur de très longues distances pour commercer et trouver de l'eau.

Ces dernières décennies, l'instabilité régionale et, en particulier, les conflits en Libye et au Niger ont interdit l'accès à une grande partie du parc national. L'immensité de ces terres sauvages se situe hors de portée des patrouilles militaires algériennes. Pour l'instant, la quasi-totalité des œuvres rupestres du Tassili et les paysages stupéfiants qui constituent leur toile de fond appartiennent au passé. □

Henry Wismayer est un journaliste indépendant, basé à Londres. **Matjaz Krivic** est un photojournaliste slovène et le directeur artistique du FotoFestival bolivien.

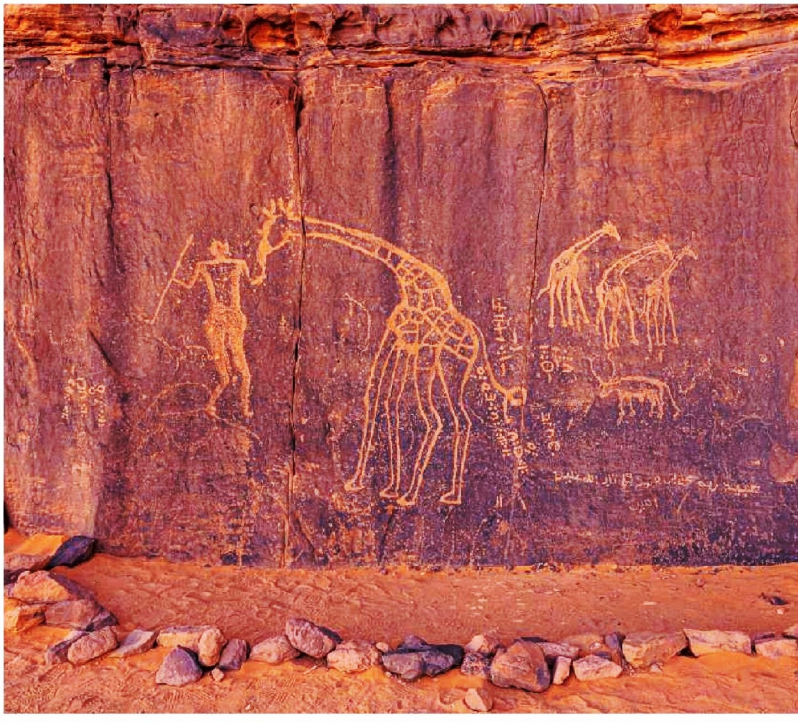
DANS LE SENS HORAIRE, À PARTIR D'EN HAUT, À GAUCHE

Cette gravure d'une silhouette humaine et d'une girafe représente une halte incontournable sur le parcours touristique fréquenté de la Tadrart rouge.

Des formations rocheuses se détachent dans la brume du soir à Oan Atan, dans la Tadrart rouge. L'érosion millénaire a donné aux roches du parc national du Tassili n'Ajjer des formes incroyables et évocatrices.

Un guide fait une pause au bord d'une guelta – une cuvette naturelle de drainage – au fond du canyon d'Essendilène.

Une mesa solitaire émerge des dunes de sable orange qui s'étendent à perte de vue, près des pitons de Moul n'Aga, dans la Tadrart rouge.



Abdellah Elies marche sur les dunes de Moul n'Aga, étape de l'itinéraire touristique classique dans la Tadrart rouge. Cette région est une des plus belles – et des plus accessibles – du Tassili n'Ajjer.

Dans le nord de l'État de New York, des chercheurs de la société Corning testent des formules pour améliorer la résistance, la couleur et la clarté optique du verre.

L'ÂGE DU VERRE

TOUT EN

Un technicien montre la flexibilité d'une feuille de verre. Ce produit, signé Corning, permet de fabriquer des écrans de téléphone pliables et des vitres ultralégères.

FLEXIBILITÉ

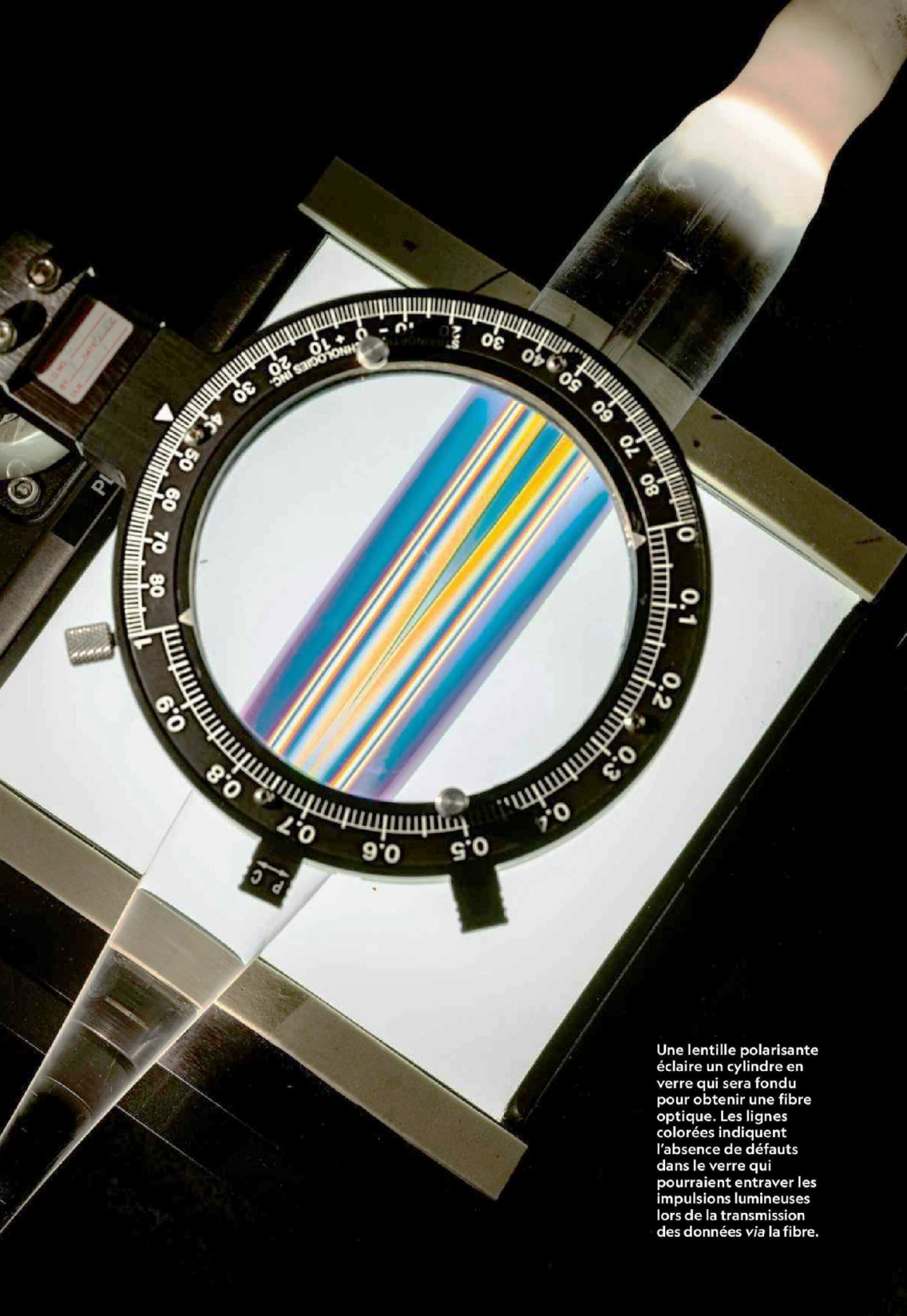
ET
EN
RE

Un stroboscope enregistre le rebond d'un morceau de verre bioactif, combiné à des polymères. Développé à l'Imperial College London, il est en cours de test pour aider à la régénération du cartilage.

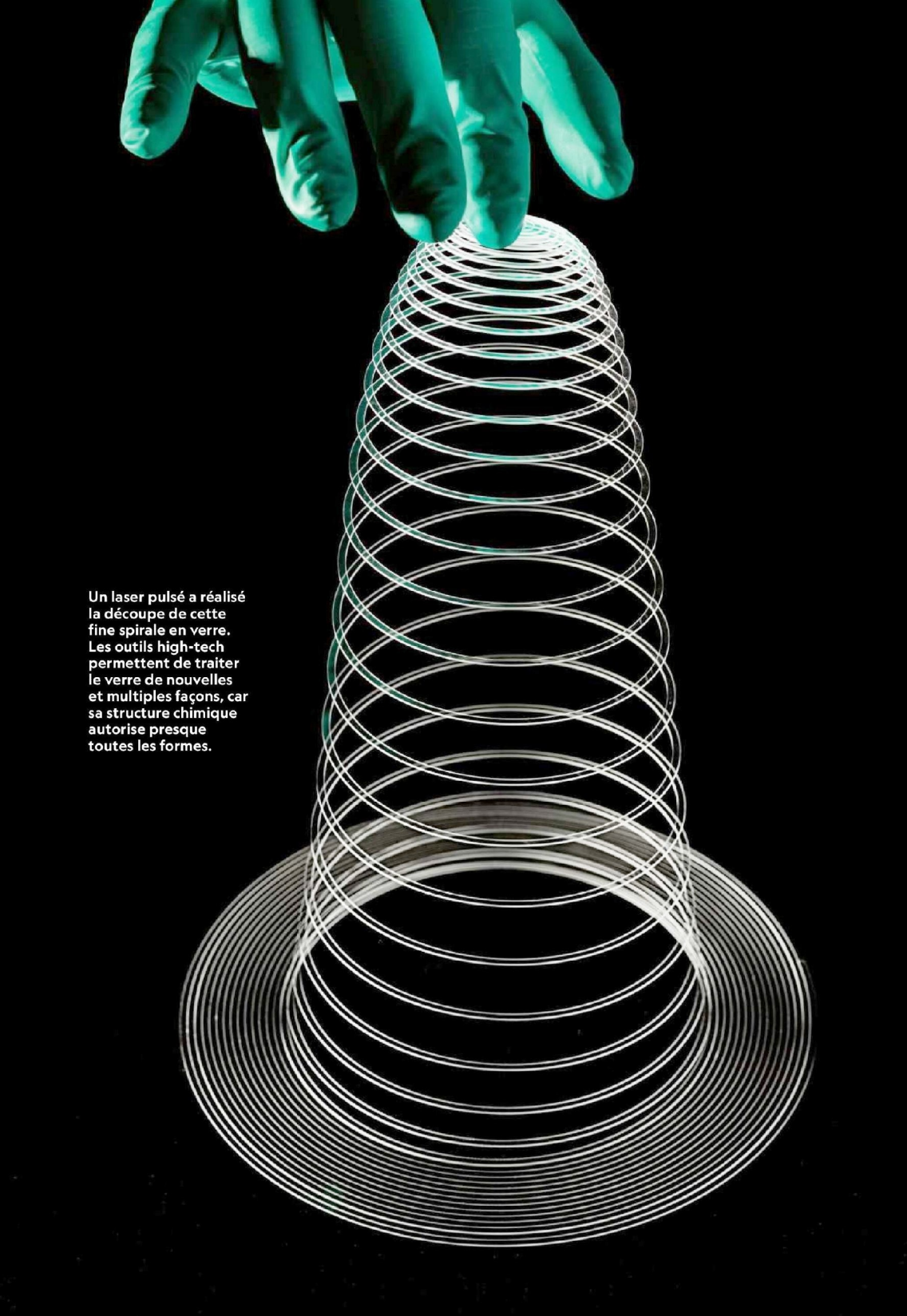
BONDISSEMENTS

LE MONDE MODERNE FONCTIONNE GRÂCE AU VERRE, UN MATÉRIAU DEVENU ESSENTIEL À L'HUMANITÉ.

PAR **JAY BENNETT**
PHOTOGRAPHIES
DE **CHRISTOPHER PAYNE**



Une lentille polarisante éclaire un cylindre en verre qui sera fondu pour obtenir une fibre optique. Les lignes colorées indiquent l'absence de défauts dans le verre qui pourraient entraver les impulsions lumineuses lors de la transmission des données *via* la fibre.



Un laser pulsé a réalisé la découpe de cette fine spirale en verre. Les outils high-tech permettent de traiter le verre de nouvelles et multiples façons, car sa structure chimique autorise presque toutes les formes.

PAR UNE FRAÎCHE JOURNÉE de mars, Kazuhiko Akiba et l'un de ses collègues se tenaient dans la cour de la verrerie Chiba Kogaku, au Japon, prêts à dévoiler leur dernière création. Un chariot élévateur apporta un pot en argile de la taille d'un jacuzzi et le déposa devant eux. Les deux hommes s'équipèrent de lunettes de sécurité et de gants. Puis, armés d'un marteau, ils se mirent à frapper les bords du pot, brisant de gros morceaux de céramique pour en révéler le précieux contenu : une substance dure et lumineuse qui, sous les rayons du soleil de l'après-midi, brillait dans des teintes céruléennes de glace arctique. Kazuhiko Akiba, le directeur de l'usine, recula, admiratif. « *Kirei* », s'exclama-t-il. Magnifique. Il s'agissait du dernier lot d'un des verres optiques les plus purs du monde, connu sous le nom d'E6.

Située à l'est de Tokyo, Chiba Kogaku fabrique du verre dans des pots en argile de façon artisanale depuis plus de cinquante ans. La technique remonte au début du XIX[e] siècle, lorsque le fabricant suisse de lentilles Pierre-Louis Guinand devint le pionnier de la méthode consistant à utiliser des bras en céramique réfractaire pour brasser le verre fondu. Elle permettait d'obtenir un produit sans bulles ni contaminants, idéal pour l'optique. En 1965, la firme japonaise Ohara Glass perfectionna le procédé et développa l'E6, un verre à faible dilatation, désormais uniquement fabriqué pour elle à Chiba Kogaku.

La fabrication d'un pot d'environ 800 l prend à peu près quatre mois. D'abord, un récipient en argile est façonné à la main. Puis des ouvriers y versent un mélange fait, entre autres, de silice, d'oxyde de bore et d'oxyde d'aluminium, et chauffent le tout à 1 500 °C. Le verre en fusion doit être brassé à intervalles réguliers pendant plus de deux jours, avant que le pot soit placé dans une chambre à température contrôlée, où il refroidira durant deux semaines.

Briser le pot en argile permet d'enlever la couche extérieure de verre et de ne garder qu'une substance pure pouvant être refondue et moulée dans des formes précises et résistantes à des températures extrêmes. Une telle stabilité s'avère cruciale dès lors qu'il s'agit de fabriquer des miroirs pour les grands télescopes.

Le marché pour des instruments aussi coûteux est si restreint que la totalité de l'E6 fabriqué ces quarante-deux dernières années n'a été livrée qu'à un seul client. Une part importante de cette production (122 t) est spécialement destinée à un projet qui, en cas de succès, changera notre façon de concevoir l'Univers.

L'E6 n'est qu'un exemple de la manière dont le verre est aujourd'hui réinventé pour explorer toutes sortes de frontières. Ce matériau a fait l'objet de plus de progrès technologiques et industriels au cours des cinquante dernières années qu'au cours du *(suite page 59)*

Une technicienne de Corning marque les sections qui seront découpées dans du verre de silice fondu. Grâce à sa pureté et sa résistance, il est idéal pour les dispositifs optiques et les hublots des engins spatiaux et des sous-marins.

94109

Un flacon destiné à contenir des vaccins est fabriqué dans un verre conçu pour éviter toute interaction entre le contenu et le contenant. Avec l'accélération de la production de vaccins contre la Covid-19, la fabrication de flacons fiables est devenue une priorité mondiale.

(suite de la page 55) précédent millénaire, ce qui a incité l'ONU, en 2022, à le reconnaître comme l'élément 100 % recyclable le plus susceptible d'aider les pays à atteindre leurs objectifs de développement durable d'ici à 2030.

Autrement dit, nous sommes entrés dans une nouvelle ère du verre, une ère dans laquelle les scientifiques utiliseront ce matériau ancien pour améliorer radicalement nos vies.

IL EXISTE UN MÈME POPULAIRE sur Internet montrant le moment où des tout-petits reçoivent leur première paire de lunettes. Dans chaque vidéo, un enfant braillard ou désorienté prend tout à coup l'air abasourdi, les yeux écarquillés, alors que, pour la première fois, il peut nettement voir ses parents, et cela grâce à une technologie conçue il y a plus de sept cents ans et utilisée par des milliards de personnes depuis.

De nos jours, porter des lunettes est devenu si banal que nous avons pratiquement oublié l'impact de l'invention des lentilles optiques sur la civilisation. Cela vaut pour la plupart des domaines que le verre a profondément bouleversés. Essayez d'imaginer la vie sans bouteilles ni plats allant au four, sans miroirs ni fenêtres, sans ampoules électriques ni téléviseurs. Si vous lisez cet article sur votre smartphone, c'est que vous avez appuyé sur un écran tactile en verre, et ces mots sont apparus *via* des données circulant dans des câbles à fibre optique en verre.

Les êtres humains ont intégré peu à peu ce matériau dans leur vie depuis qu'ils ont découvert comment le produire, il y a 4 500 ans environ. Bien que l'on ne sache pas exactement où il a été créé, quelques-unes des plus anciennes perles et autres ornements en verre ont été retrouvés en Mésopotamie. Les historiens supposent qu'il pourrait être apparu comme un sous-produit accidentel de la fabrication de céramique ou de métal. Quoi qu'il en soit, l'homme a rapidement appréhendé le procédé pour le créer, comme en témoigne une tablette d'argile babylonienne découverte dans l'actuel Irak, et qui consigne en caractères cunéiformes l'une des premières recettes connues du verre.

Qu'ils soient anciens ou modernes, presque tous les verres contiennent la même formule de base : un mélange de silice (l'ingrédient principal), de soude (pour abaisser le point de fusion) et de chaux (pour le stabiliser). Mais ce qui fait en partie la spécificité de ce matériau tient à une sorte d'accident de la nature – le fruit d'un processus interrompu. Lorsque les principaux ingrédients sont chauffés à environ 1 000 °C puis refroidis, les atomes du mélange tendraient naturellement à former une structure semblable à la matrice cristalline de la glace ou du diamant. Au lieu de cela, ils se retrouvent piégés dans une configuration aléatoire, produisant quelque chose entre un solide et un liquide, qui peut être remodelé avant de refroidir et de durcir. Le résultat est connu sous le nom de solide amorphe.

Cette structure moléculaire désordonnée confère au verre son superpouvoir : une adaptabilité de caméléon. Puisque ses atomes n'ont pas besoin de se fixer dans un schéma spécifique, sa structure peut intégrer, à des températures élevées, un large éventail de composés chimiques. Ces ajouts peuvent apporter de la couleur, de la flexibilité, une plus grande résistance à la chaleur et une solidité accrue, entre autres.

« La composition du verre peut varier à l'infini, et vous pouvez sans cesse changer ses propriétés », confirme Alicia Durán, membre du Conseil supérieur de la recherche scientifique d'Espagne et ancienne présidente de la Commission internationale du verre qui a œuvré avec les Nations unies à la promotion de ce matériau. « La principale qualité du verre, poursuit-elle, c'est qu'il peut être produit, reproduit, naître et renaître – pour la même application ou pour d'autres usages – indéfiniment. C'est le fondement même de la durabilité. »

Pour les scientifiques, c'est une opportunité d'expérimentation sans fin. Il en va ainsi au laboratoire d'ingénierie et de *(suite page 70)*

DE NOS JOURS, PORTER DES LUNETTES EST DEVENU SI BANAL QUE NOUS AVONS PRATIQUEMENT OUBLIÉ L'IMPACT DE L'INVENTION DES LENTILLES OPTIQUES SUR LA CIVILISATION.

LE VERRE EXAMINÉ

1. Obtenir de la silice

2. Ajouter un fondant

Dans l'Antiquité, le verre était fabriqué en faisant fondre une source de silice – trouvée dans le sable – avec de la soude ou de la potasse afin de rendre le mélange plus fluide à de plus basses températures.

3. Ajouter un stabilisateur

La chaux, qui assure la stabilité chimique, a probablement été introduite dans le mélange *via* des impuretés présentes dans la silice et la soude. Elle a commencé à être ajoutée volontairement après 1800.

À LA LOUPE

Les historiens hésitent encore quant aux origines exactes de la fabrication du verre par l'homme, mais il est clair que, il y a environ 4 500 ans, des individus faisaient fondre les ingrédients de base pour créer ce matériau brillant. Depuis, les civilisations ont mis au point de nouveaux types de verre, amélioré les méthodes de fabrication et trouvé des utilisations innovantes, faisant du verre un élément central de la vie quotidienne.

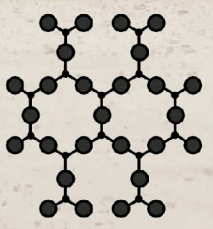
PAR **DIANA MARQUES**

Aujourd'hui, les vitres et les bouteilles sont encore composées d'un mélange de silice, de soude et de chaux. Mais des dizaines de milliers d'autres formules ont permis de créer une myriade de verres aux propriétés variées.

Une grande partie du verre ancien était d'un bleu-vert pâle à cause des impuretés de fer. Au fil du temps, des métaux ont été ajoutés pour créer des objets en verre aux couleurs vibrantes.

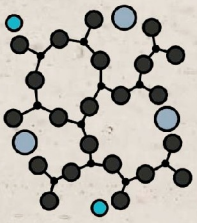
UN SOLIDE AUX FORMES CHANGEANTES

CRISTAL DE ROCHE
(quartz clair)
Semblable au verre, il est aussi composé de silice, mais c'est un solide, aux atomes ordonnés en un réseau rigide.



- Silicium
- Oxygène

VERRE
(verre de fenêtre)
C'est un solide amorphe : sa structure moléculaire est désordonnée, comme un liquide, mais il est trop visqueux pour couler à température ambiante.



- Sodium (fondant)
- Calcium (stabilisateur)

UNE LONGUE HISTOIRE

Des vestiges archéologiques indiquent que la production de verre a commencé au Moyen-Orient et dans la région méditerranéenne il y a plus de trente-cinq siècles, comme alternative à la céramique. Des premières perles opaques et colorées, entre autres ornements, jusqu'aux écrans de smartphones, câbles à fibre optique et nouvelles générations de télescopes, le verre n'a cessé d'évoluer.

1600 AV. J.-C. - AUJOURD'HUI

ORNEMENTS

Pendentifs, perles et amulettes comptent parmi les premiers objets en verre - presque exclusivement destinés aux riches. Fabriqués à toutes les époques, ce sont des articles populaires que l'on trouve le long des routes commerciales du monde entier.

Objets remarquables de l'histoire du verre

Amulettes syriennes
1500 av. J.-C.
Premiers artefacts connus

Pendentifs phéniciens
650 av. J.-C.
Peut-être destinés à éloigner les forces du mal

1400 AV. J.-C. - AUJOURD'HUI

RÉCIPIENTS

De petits flacons étaient déjà fabriqués depuis des siècles, mais l'avènement du soufflage du verre, autour de 50 av. J.-C., permet la production de nombreux récipients bon marché, aux parois minces, de formes et de tailles variées. Le verre devient courant dans les foyers.

Flacons à parfum égyptiens
1400 av. J.-C.
Des filets de verre coloré décorent les pièces moulées sur noyau

Bols romains nervurés
75 av. J.-C.
Omniprésents, peu coûteux et réalisés dans différentes couleurs

Coupes sassanides
200 apr. J.-C.
Les Perses imitent les décors à facettes de style romain

50 APR. J.-C. - AUJOURD'HUI

FENÊTRES ET LAMPES

Il est possible que les fenêtres aient été utilisées à l'origine dans les bains romains pour laisser entrer la lumière et retenir la chaleur. Transparent et résistant, le verre devient courant pour protéger les bougies dans les espaces domestiques et religieux.

Vitres romaines
50 apr. J.-C.
Petites, irrégulières, épaisses et pas totalement transparentes

Lampes suspendues byzantines
500 apr. J.-C.
Récipients en verre éclairés par la combustion d'une mèche dans de l'huile

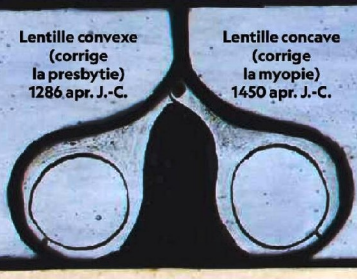
1200 APR. J.-C. - AUJOURD'HUI

MIROIRS ET INSTRUMENTS

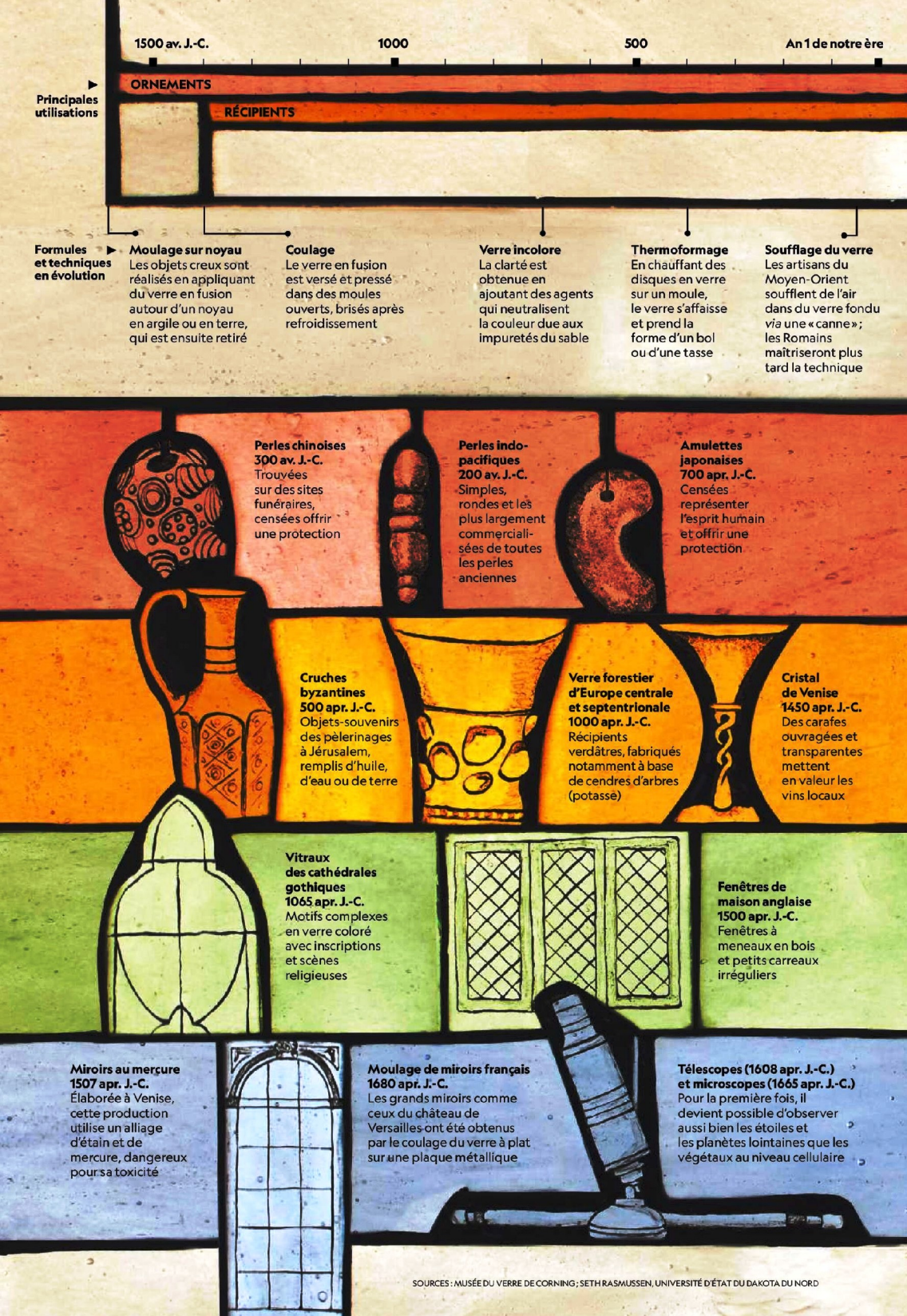
De nouvelles formules assurent la stabilité chimique nécessaire pour utiliser le verre dans des expériences scientifiques, ce qui révolutionne la médecine, la chimie et l'optique. Les miroirs vénitiens en verre gagnent en popularité, remplaçant ceux en métal.

Lentille convexe (corrige la presbytie)
1286 apr. J.-C.

Lentille concave (corrige la myopie)
1450 apr. J.-C.



Lunettes de vue
Elles permettent de quasiment doubler les années de travail et de lecture des personnes malvoyantes



SOURCES : MUSÉE DU VERRE DE CORNING ; SETH RASMUSSEN, UNIVERSITÉ D'ÉTAT DU DAKOTA DU NORD

An 1 de notre ère — 500 — 1000 — 1500

FENÊTRES ET LAMPES

MIROIRS ET INSTRUMENTS

Soufflage au moule
Le verre est soufflé dans des moules qui peuvent être réutilisés sans cesse, marquant le début de la production de masse

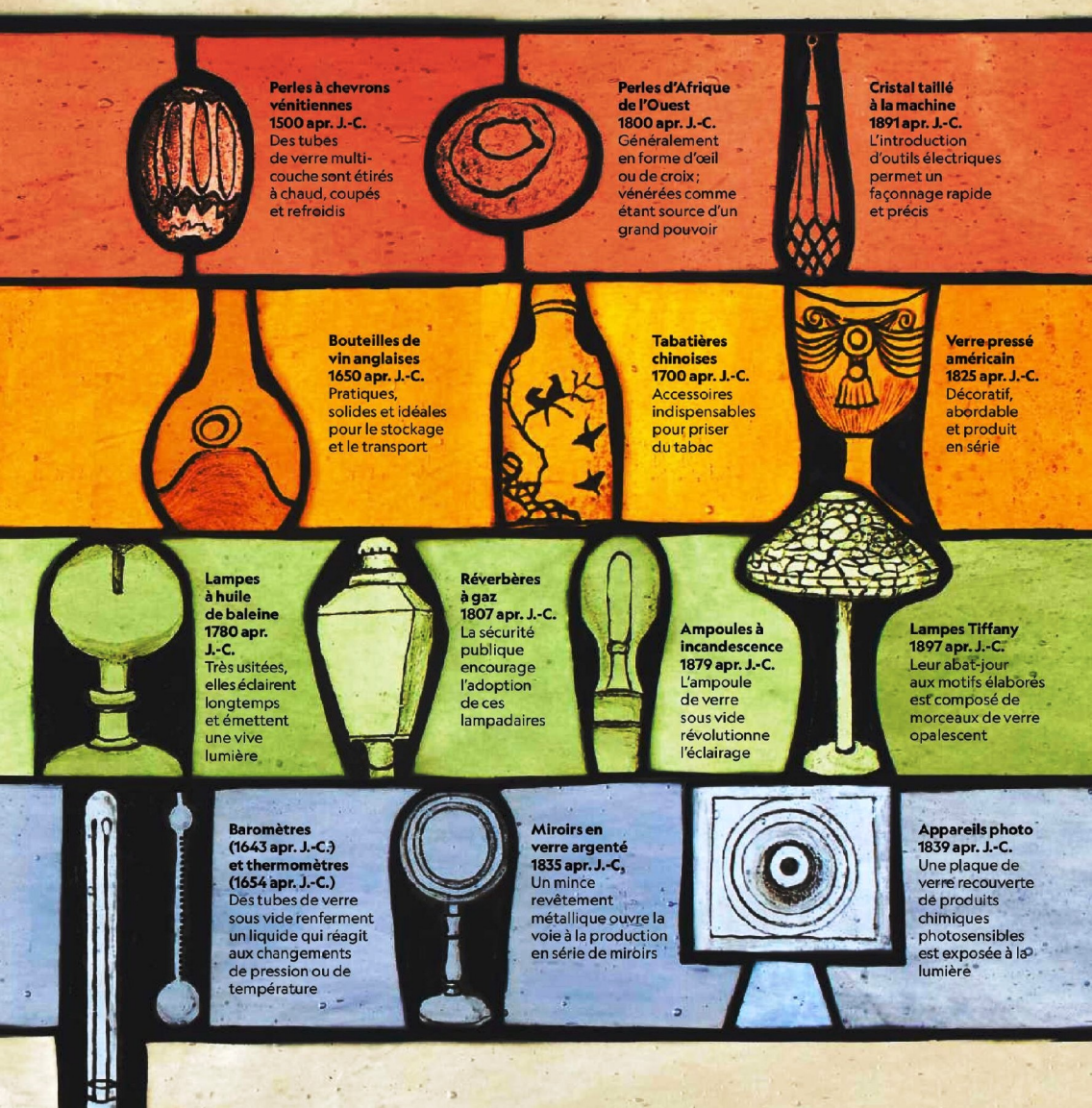
Vitrail
Les artistes utilisent le verre comme une toile qu'ils peignent avec des oxydes métalliques pour raconter des histoires

Verre vénitien
Les Italiens créent un beau verre présentant moins de bulles et d'impuretés

Verre de Bohême
Ce premier verre à inclure à dessein un stabilisateur est délicatement taillé et gravé

Verre rubis doré
Un alchimiste allemand découvre la façon de produire du verre rouge à grande échelle : en ajoutant de l'or

Verre au plomb
Les Anglais améliorent la formule de ce verre solide et à fort pouvoir réfléchissant



Perles à chevrons vénitiennes 1500 apr. J.-C.
Des tubes de verre multi-couche sont étirés à chaud, coupés et refroidis

Perles d'Afrique de l'Ouest 1800 apr. J.-C.
Généralement en forme d'œil ou de croix ; vénérées comme étant source d'un grand pouvoir

Cristal taillé à la machine 1891 apr. J.-C.
L'introduction d'outils électriques permet un façonnage rapide et précis

Bouteilles de vin anglaises 1650 apr. J.-C.
Pratiques, solides et idéales pour le stockage et le transport

Tabatières chinoises 1700 apr. J.-C.
Accessoires indispensables pour priser du tabac

Verre pressé américain 1825 apr. J.-C.
Décoratif, abordable et produit en série

Lampes à huile de baleine 1780 apr. J.-C.
Très usitées, elles éclairent longtemps et émettent une vive lumière

Réverbères à gaz 1807 apr. J.-C.
La sécurité publique encourage l'adoption de ces lampadaires

Ampoules à incandescence 1879 apr. J.-C.
L'ampoule de verre sous vide révolutionne l'éclairage

Lampes Tiffany 1897 apr. J.-C.
Leur abat-jour aux motifs élaborés est composé de morceaux de verre opalescent

Baromètres (1643 apr. J.-C.) et thermomètres (1654 apr. J.-C.)
Des tubes de verre sous vide renferment un liquide qui réagit aux changements de pression ou de température

Miroirs en verre argenté 1835 apr. J.-C.
Un mince revêtement métallique ouvre la voie à la production en série de miroirs

Appareils photo 1839 apr. J.-C.
Une plaque de verre recouverte de produits chimiques photosensibles est exposée à la lumière

La production de verre a connu certaines de ses plus grandes avancées au cours du siècle dernier. Ces inventions significatives comprennent la machine à fabriquer des bouteilles, la machine à ruban – capable de produire 1600 ampoules électriques à la minute – et la technique du verre flotté, qui donne de longs rubans de verre plat.

À PARTIR DU XX^{e} SIÈCLE

Verre de sécurité, 1911
Ce verre feuilleté ou trempé, qui minimise les risques en cas d'éclatement, transforme les secteurs du transport et de la construction

Pyrex, 1915
Ce verre incassable contenant du bore a été inventé en Allemagne en 1887, puis adapté aux États-Unis sous la marque Pyrex. Il est utilisé en cuisine, dans les laboratoires et pour la fabrication des télescopes

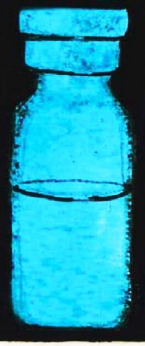
Téléviseurs, 1932
La technologie initiale du téléviseur comprenait un canon à électrons qui venaient percuter un écran en verre recouvert de phosphore ; la télé couleur est apparue en 1954

Verre vitrocéramique, 1952
En surchauffant accidentellement du verre, un ingénieur découvre un matériau extrêmement solide et résistant à la chaleur, utilisé plus tard pour les appareils de cuisson et dans les secteurs dentaire et optique

Fibre optique à faible perte, 1965
Le verre flexible transmettant la lumière, utilisé d'abord dans les câbles téléphoniques longue distance, s'étend à la télévision par câble, puis à Internet

Verre de télescope spatial, 1968
Les lancements à force g élevée et les températures extrêmes en orbite exigent une grande tolérance à la chaleur et au froid, et une très grande durabilité

Verre pharmaceutique, 2017
Résistant aux très basses températures, à la contamination et à la casse ; utilisé pour le conditionnement des vaccins, y compris celui contre la Covid-19

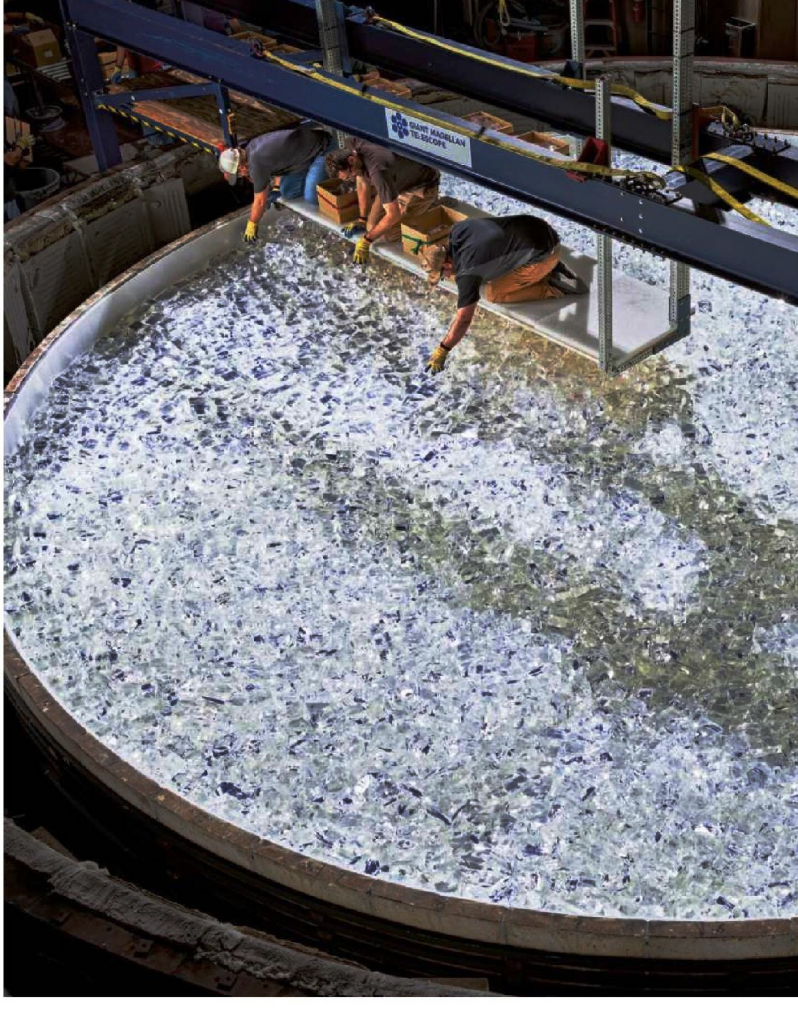


Verre pour appareil mobile, 2008
Fin et résistant aux rayures, l'écran tactile est introduit avec l'iPhone de première génération

SOURCES : MUSÉE DU VERRE DE CORNING ; SETH RASMUSSEN, UNIVERSITÉ D'ÉTAT DU DAKOTA DU NORD

Des ouvriers de la verrerie japonaise Chiba Kogaku brisent un pot en argile pour en retirer un morceau de 700 kg de verre E6 d'une grande pureté. Produit selon un procédé vieux d'un siècle, il sera expédié à l'université de l'Arizona, à Tucson.

Une fois le verre E6 retiré du pot en argile, un ouvrier en marque la surface à l'aide d'une pointe à tracer en carbure de tungstène, avant de chauffer la fissure avec un chalumeau (à gauche), jusqu'à ce que le verre se fende en deux. Puis il est découpé en petits blocs, dont les moindres défauts seront détectés par une lentille polarisante (ci-dessus). Ils seront ensuite expédiés dans un laboratoire de l'université de l'Arizona, où ils seront refondus pour fabriquer les miroirs du télescope géant Magellan.



Des ouvriers de l'université de l'Arizona chargent quelque 18 t de verre E6 dans un four rotatif qui coulera le miroir final du télescope géant Magellan. Le verre est fondu sur un moule en nid-d'abeilles, ce qui donnera au miroir de 8,4 m de large une structure rigide et légère. Une fois moulé, le miroir sera lentement refroidi pendant trois mois, après quoi il subira un processus de polissage complexe qui pourrait durer un an ou plus.

(suite de la page 59) traitement des matériaux de Corning, une multinationale spécialisée dans le verre et la céramique, située dans l'État de New York. Lorsque je l'ai visité, des techniciens vêtus de combinaisons isolantes sortaient d'un four industriel un creuset de verre chauffé à blanc, y versant avec soin l'une des milliers de nouvelles formules expérimentées sur le site.

Corning est connue pour avoir collaboré avec Thomas Edison afin d'améliorer son ampoule électrique, en 1879. Depuis, l'entreprise a multiplié les innovations autour du verre, depuis le matériel de laboratoire en Pyrex (utilisé pour produire la pénicilline et les premiers vaccins contre la poliomyélite) jusqu'aux premières lignes en fibre optique (essentielles aux autoroutes de l'information) et au verre ultra-résistant Gorilla Glass (qui, en général, empêche l'écran de votre téléphone de se briser).

Même si une grande partie de ce qui est en cours de développement chez Corning demeure confidentiel, de nombreux autres chercheurs partagent ouvertement leurs projets. Ainsi du verre bioactif : en 1969, un professeur de l'université de Floride a découvert que, en remplaçant une partie de la silice par du calcium, il était possible de créer des granules ou de la poudre de verre se liant aux os fracturés, accélérant ainsi leur guérison. Grâce à cette découverte, le bioverre est en cours de reformulation pour devenir un traitement potentiel des infections des os et des blessures des tissus mous, m'explique Julian

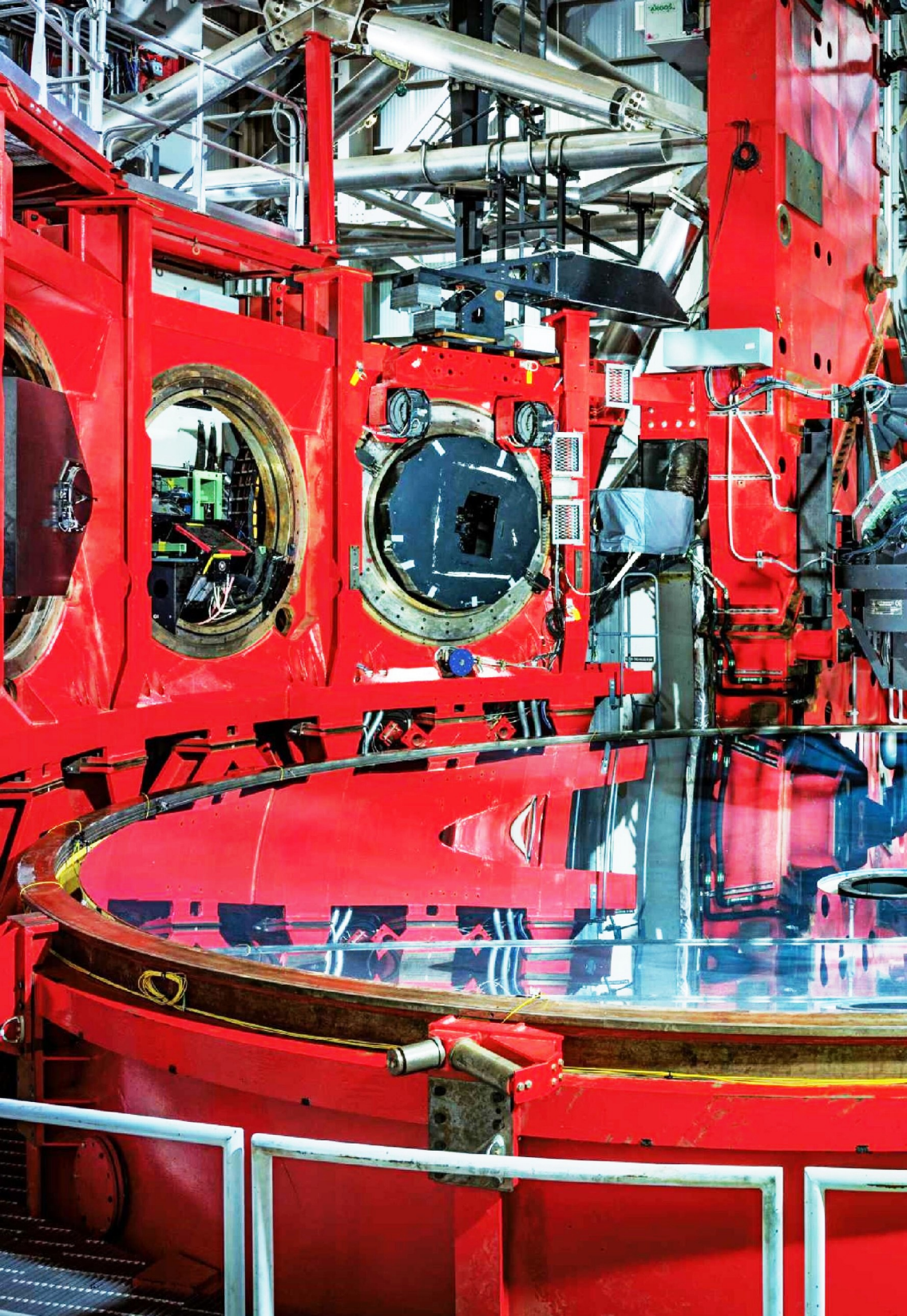
Jones, spécialiste en sciences des matériaux à l'Imperial College London, qui étudie le sujet depuis vingt-cinq ans. Cette approche pourrait résoudre l'un des plus grands défis de la médecine, alors qu'un nombre croissant d'agents pathogènes deviennent résistants aux antibiotiques. Julian Jones a été le pionnier du *bouncy bioglass*, un bioverre-polymère ayant l'élasticité du caoutchouc, imprimé en 3D et destiné à reformer le cartilage. « Pour les patients âgés souffrant d'arthrite, dit-il, c'est un peu le graal de la régénération du cartilage. »

Le verre jouera aussi un rôle essentiel dans les énergies renouvelables, selon Himanshu Jain, qui dirige l'Institut des matériaux et dispositifs fonctionnels de l'université Lehigh, en Pennsylvanie. Il est déjà indispensable pour les panneaux solaires et les pales des éoliennes. Alors pourquoi ne pas imaginer des fenêtres convertissant l'énergie solaire en électricité, interroge le chercheur, avant d'envisager d'autres innovations, comme des granulés d'engrais en verre ou des puces électroniques traitant des informations *via* la lumière et non par signaux électriques.

L'une des utilisations les plus controversées de la technologie du verre provient du Pacific Northwest National Laboratory, dans l'État de Washington. Des chercheurs y travaillent à confiner les 212 millions de litres de déchets nucléaires stockés sur le site de Hanford, une usine qui traitait du plutonium pour le projet Manhattan [ndlr : premier programme américain de fabrication d'une bombe atomique] et durant la guerre froide. L'équipe a ainsi mis au point différentes sortes de verres destinées à confiner les divers types de polluants radioactifs. Les déchets vitrifiés survivront à la demi-vie radioactive de la plupart des matières toxiques, même si les débats persistent sur l'endroit où les stocker en toute sécurité.

EN REMPLAÇANT UNE PARTIE DE LA SILICE PAR DU CALCIUM, ON CRÉE DES GRANULES OU DE LA POUDRE DE VERRE SE LIANT AUX OS FRACTURÉS, ACCÉLÉRANT AINSI LEUR GUÉRISON.

De toutes les avancées offertes par le verre de nouvelle génération, c'est l'E6 qui m'a le plus captivé et qui m'a incité à visiter l'usine de Chiba Kogaku. Après avoir cassé le pot en argile pour en retirer le bloc d'E6, les techniciens utilisèrent des chalumeaux afin de le découper en morceaux de la taille d'une boîte à chaussures, expédiés ensuite par bateau vers un laboratoire de Tucson, en Arizona. Là, le seul client au monde de l'E6, un astronome nommé Roger Angel, s'en *(suite page 74)*



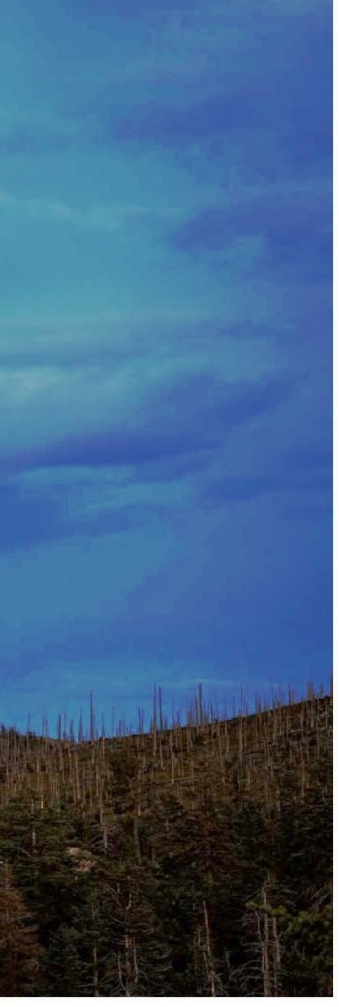
Des techniciens nettoient un miroir en verre E6 du Grand Télescope binoculaire du mont Graham, en Arizona. Le revêtement en aluminium doit être réappliqué tous les deux ans pour garantir la réflectivité nécessaire à la capture de signaux lumineux provenant de l'Univers.

(suite de la page 71) servira pour construire les plus grands miroirs de télescope de la planète. Une fois achevé et installé au sommet d'une montagne du désert d'Atacama, au Chili, le télescope géant Magellan permettra aux scientifiques de déceler des détails du cosmos encore jamais observés jusqu'à présent.

Le secret de ce gigantesque instrument réside dans ses miroirs, qui mesurent chacun 8,4 m de diamètre, soit à peu près la largeur d'un court de tennis. C'est sur eux que repose la puissance optique d'un télescope réflecteur, qui dépend de ces derniers pour capter la lumière. Ainsi, plus le miroir est grand, plus il peut collecter de lumière provenant d'un objet lointain comme une étoile ou une planète.

Mais les astronomes ont longtemps été embarrassés par les défis posés par le moulage des grands miroirs ; plus ils prenaient de l'ampleur et plus ils devenaient lourds et encombrants. Roger Angel a résolu le problème en utilisant un moule en nid-d'abeilles, ce qui a permis de faire baisser considérablement le poids du miroir, tout en augmentant sa résistance et sa rigidité. Avec ses collègues, il a également mis au point un moyen de faire tourner le verre à mesure qu'il fond afin de lui donner une forme légèrement concave, diminuant ainsi le temps nécessaire à son meulage et à son polissage.

Le scientifique a compris dans les années 1980 que faire progresser l'astronomie exigerait des miroirs de télescope plus volumineux, capables



Les miroirs jumeaux de 8,4 m du Grand Télescope binoculaire fonctionnent ensemble pour étudier les corps célestes de notre système solaire, les galaxies lointaines ou encore les trous noirs. Le télescope géant Magellan, en cours de construction dans le désert d'Atacama, au Chili, comportera sept miroirs similaires, qui fourniront assez de clarté pour étudier les planètes en orbite autour d'autres étoiles afin de rechercher des signes de vie.

de capturer davantage de détails. Si personne ne fabriquait ceux dont il avait besoin, pourquoi ne pas les faire lui-même, s'est-il demandé. « Cela me rassure de savoir que de grands scientifiques du passé, dont Galilée et Newton, ont fabriqué leurs propres télescopes », dit-il. Un ancien étudiant raconte que, à l'époque, Roger Angel avait utilisé un petit four à céramique pour fusionner deux saladiers en Pyrex afin de prouver qu'il serait possible de fondre le verre dont il avait besoin pour ses grands miroirs.

En octobre dernier, j'ai été invité, en même temps que d'autres journalistes, au Mirror Lab – une installation à l'apparence de caverne, construite sur ce qui était autrefois un parking sous le stade de football américain de l'université de l'Arizona – pour assister au moment fatidique où le four atteindrait sa température maximale pour couler le septième et dernier miroir du télescope géant Magellan. Quelques semaines auparavant, une équipe avait soigneusement chargé 18 t d'E6 (des milliers de ces fameux blocs au format d'une boîte à chaussures) dans le four circulaire, de la taille d'une petite piscine. Après son coulage, le verre sera lentement refroidi pendant quatre-vingt-cinq jours, puis meulé et poli pendant environ un an avant qu'un revêtement en aluminium ne soit ajouté pour rendre sa surface réfléchissante.

Roger Angel, 83 ans, se tenait seul, les bras derrière le dos. Il semblait perdu dans ses pensées en regardant naître sa dernière création, rêvant peut-être à un nouveau défi. Magellan s'inscrit parmi nombre de ses projets révolutionnaires, farfelus diront certains, une idée nourrissant la suivante. Il aimerait notamment développer des miroirs flexibles, capables de concentrer la lumière du Soleil pour produire la chaleur intense nécessaire à la fabrication du ciment, réduisant ainsi l'empreinte carbone du matériau de construction le plus employé dans le monde. Et il cherche aussi comment construire un observatoire sur le pôle sud de la Lune.

Mais ces entreprises passent au second plan par rapport au télescope géant Magellan. Lorsque les astronomes commenceront enfin à l'utiliser pour sonder le ciel – ce qui devrait arriver aux environs de 2029 –, les miroirs seront capables de fournir un très grand nombre d'informations sur les planètes lointaines passant devant les étoiles à un degré jamais atteint auparavant. Cela permettra aux scientifiques de déterminer leurs températures, mais aussi de savoir si elles contiennent des gaz comme du méthane et de l'oxygène, signes d'une possible présence de vie. « Ce serait la découverte du siècle », affirme l'astronome.

Je pouvais entendre le ronronnement du four en train de tourner et imaginais l'E6, à l'intérieur, fondre pour prendre la forme de l'immense miroir qui ouvrirait le champ à cette découverte. J'avais l'impression d'assister à un événement historique, un événement qui pourrait tout changer. □

Journaliste scientifique, **Jay Bennett** a écrit l'article sur la recherche des premières galaxies dans le numéro d'octobre 2023. Le photographe **Christopher Payne** est spécialisé dans la photographie industrielle et architecturale.

À L'ORIGINE SIMPLE RÉSERVE FORESTIÈRE, GUNUNG PALUNG, EN INDONÉSIE, EST AUJOURD'HUI UN IMMENSE PARC NATIONAL QUI PROTÈGE CERTAINES DES PLUS IMPORTANTES FORÊTS TROPICALES HUMIDES DE LA PLANÈTE ET LA FAUNE QU'ELLES ABRITENT.

LE CŒUR VERT DE BORNÉO

PAR JENNIFER HOLLAND

PHOTOGRAPHIES DE TIM LAMAN

Une femelle orang-outan cherche des figues dans la canopée à Gunung Palung, à Bornéo, en Indonésie. Les 1 080 km² de ce parc national abritent environ 2 500 de ces singes en danger critique, ainsi que 2 500 essences d'arbres.

RUSSELL LAMAN, AVEC LE PILOTE DE DRONE TRI WAHYUSUSANTO

Camouflée dans les feuilles, une grenouille cornue asiatique bénéficie d'un avantage sur les insectes qu'elle chasse. Son cri caractéristique résonne dans la multitude de bruits de la forêt humide. Si on trouve cette grenouille sur des îles voisines, plus de 70 % des espèces d'amphibiens de Gunung Palung ne vivent qu'à Bornéo.

SUSPENDUE À UNE CORDE À UNE DOUZAINE DE MÈTRES DE HAUTEUR, au milieu d'un labyrinthe de branchages feuillus, je regarde le sol en m'interrogeant : ai-je vraiment bien fait de demander aux deux hommes tout en bas de me hisser dans la canopée de cette forêt tropicale humide ? L'un d'eux, le photographe Tim Laman, a attaché une corde à une flèche et l'a lancée par-dessus une haute branche. Ensuite, avec son assistant, il a installé un système de poulies pour me soulever jusqu'à un endroit que peu d'êtres humains ont eu l'occasion de visiter. À chacune de leur traction, la corde crisse et la branche ploie dangereusement.

But de la manœuvre : atteindre une fourche dans un *Shorea* de 45 m de haut, genre qui comprend certains des plus grands arbres de la planète et poste d'observation idéal sur l'une des dernières forêts tropicales humides de plaine encore intactes en Asie du Sud-Est. Situé juste sous l'équateur, le parc national de Gunung Palung est une aire protégée de 1 080 km² qui comprend les monts Palung et Panti, dans la partie indonésienne de Bornéo – l'île étant divisée entre l'Indonésie, la Malaisie et Brunei. Une première zone autour du mont Palung avait été classée réserve naturelle en 1937 ; au fil des années, ses limites ont été étendues et, en 1990, le gouvernement indonésien en a fait un parc national.

Aujourd'hui, celui-ci comporte neuf types de forêts distincts qui s'étagent sur les versants abrupts des montagnes, depuis la mangrove et les forêts de tourbières jusqu'aux forêts de mousses de haute altitude.

Maintenant que mes équipiers m'ont hissée aussi haut qu'ils le pouvaient, je dois me débrouiller toute seule pour le reste de l'ascension. Alors que je grimpe péniblement le long de la corde, je songe que mes efforts seront récompensés grâce à toutes les créatures qui m'attendent dans le monde

Les semnopithèques rubiconds, comme cette femelle et son petit, mangent des figues toute l'année, et d'autres fruits au fil de leur mûrissement. Ces primates se sont bien adaptés aux forêts secondaires qui ont comblé le vide dû à l'abattage des vieux arbres.

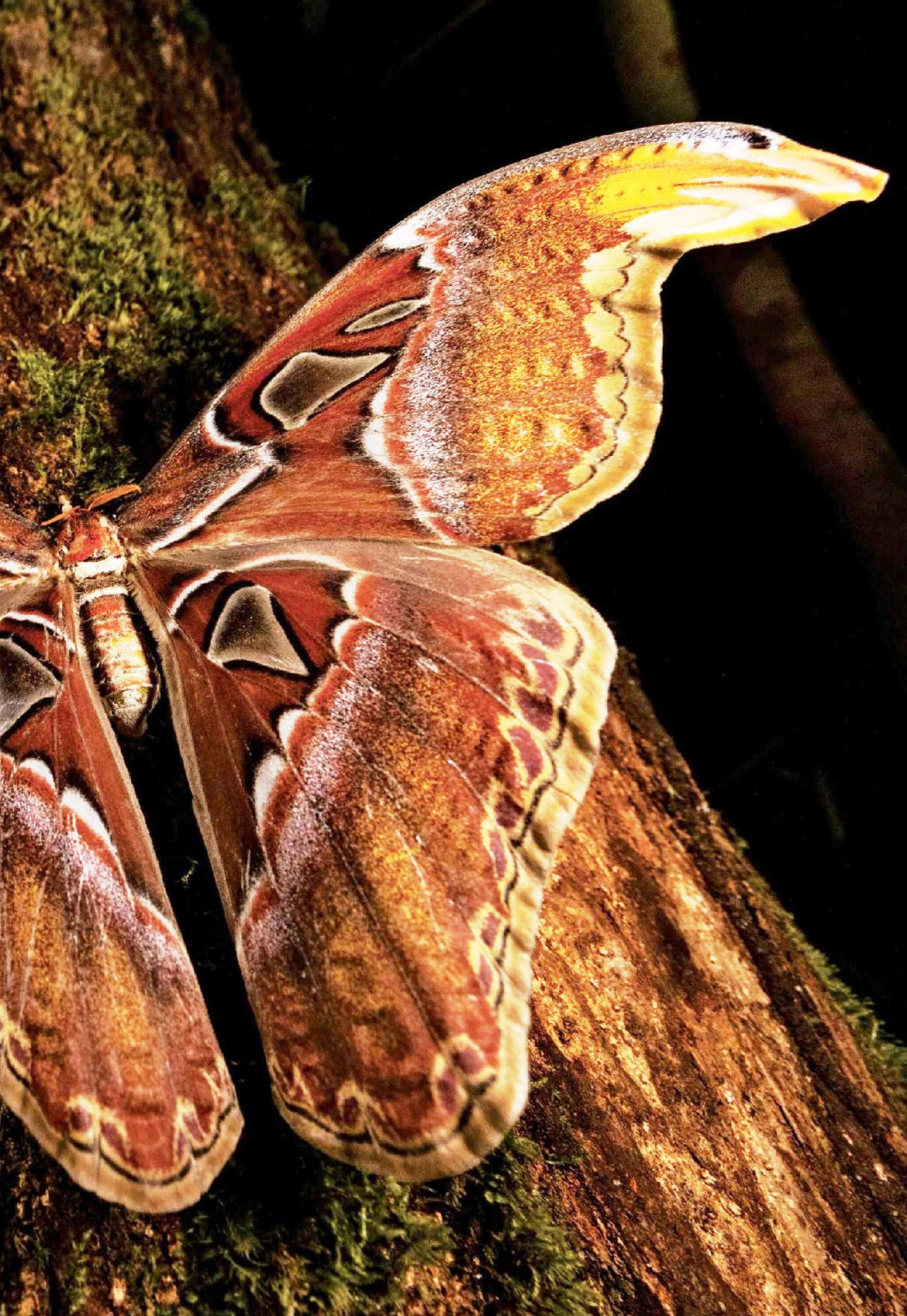
La National Geographic Society, organisation à but non lucratif dédiée à la protection de la planète, a contribué au financement de ce reportage.

vert au-dessus de ma tête. Toute la semaine, j'ai été bercée par les caquètements des semnopithèques rubiconds, les ululements des gibbons et les aboiements des macaques, ainsi que par les chœurs des oiseaux et des grenouilles – avec, en arrière-plan, les bourdonnements des insectes. J'espère en apercevoir certains depuis un perchoir à leur hauteur.

À dire vrai, je suis surtout impatiente de rencontrer les plus grandes stars de l'île : les orangs-outans. Ces primates au pelage orange flamboyant sont les seuls grands singes originaires d'Asie, et l'orang-outan de Bornéo, *Pongo pygmaeus*, représente depuis longtemps l'âme de Gunung Palung. Il joue aussi un rôle crucial dans la santé de ses forêts. Quelque 2 500 individus en parcourent les cimes – un nombre rassurant pour une espèce en danger critique.

À environ 30 m de hauteur, je suis bien au-dessous du sommet de la canopée, mais suffisamment haut pour distinguer la courbe d'une montagne nimbée de brouillard surplombant le parc et sa forêt dense. Au prix de quelques balancements, je réussis enfin à atteindre une fourche et m'y installe pour admirer la vue et, avec un peu de chance, apercevoir quelque créature à poils ou à plumes. Le temps passe, mais aucune ne se montre. *(suite page 84)*

L'atlas, ou papillon cobra, est l'une des milliers d'espèces de papillons de nuit de Bornéo. Avec une envergure pouvant atteindre 25 cm, il est un des plus grands lépidoptères du monde. Les extrémités supérieures de ses ailes évoquent des serpents, peut-être pour faire peur aux prédateurs. La diversité de la forêt est primordiale pour certains papillons de nuit qui dépendent de plantes hôtes tout au long de leur vie.



(suite de la page 81) Gunung Palung se trouve dans le sud-ouest marécageux de Bornéo, dans la province indonésienne du Kalimantan occidental. Pour les scientifiques, l'éloignement du parc et les restrictions imposées au tourisme sont des atouts : Gunung Palung est une véritable capsule temporelle de ce que fut l'île durant des millénaires. En explorant directement ce monde primordial, j'espérais comprendre la façon dont la vie continue d'y prospérer. Certains des indices les plus importants se trouvaient juste devant moi, mais ils m'avaient échappé.

LA FORÊT TROPICALE DE BORNÉO ÉVOLUE DEPUIS DES MILLIONS d'années, processus qui a donné naissance à une flore unique et abondante : il suffit de penser à ses orchidées, qui comptent plus d'un millier d'espèces, ou à ses dizaines de sarracénies carnivores, ou encore à ses 3 000 espèces d'arbres, tel l'imposant meranti jaune dont certains spécimens peuvent s'élever aussi haut que la flèche de Notre-Dame de Paris.

Au cœur de cette forêt vivent des panthères nébuleuses, des éléphants pygmées de Bornéo, des renards volants, des grenouilles volantes, des lémurs volants, des serpents volants, près de 700 espèces d'oiseaux, une centaine d'espèces de chauves-souris et plus d'un millier de fourmis. Sans oublier les innombrables autres insectes, reptiles, amphibiens, araignées, champignons et micro-organismes.

L'un des premiers botanistes à avoir éveillé l'imagination du monde occidental sur ces merveilles est un Italien, Odoardo Beccari, qui visita l'île en 1865. Tout juste sorti de l'université, il débarqua à Bornéo à l'âge de 21 ans. Le récit qu'il a laissé de ses voyages est rempli de descriptions d'une flore et d'organismes d'un autre monde. Il a pu admirer une rafflésie, imposante fleur au diamètre supérieur à 50 cm dont émane une odeur de cadavre en décomposition, ainsi qu'un champignon phosphorescent qui émettait suffisamment de lumière la nuit pour lui permettre de lire un journal.

Odoardo Beccari voyait la forêt comme une débauche de plantes ourdissant des plans et des stratégies impitoyables pour leur propre survie. Il s'émerveillait de la façon dont les orchidées et autres plantes à fleurs se frayaient un chemin dans les étages supérieurs des plus grands arbres pour atteindre la lumière du soleil et utilisaient leurs couleurs brillantes, leurs formes particulières et leurs parfums capiteux pour attirer les insectes – qui les aidaient en retour à diffuser leur pollen et à se propager. « Pour réussir, a écrit le botaniste, la nature utilise tous les artifices possibles, toutes les sortes de tromperies, tous les types d'intimidation. »

On pourrait être tenté de penser que cet écosystème complexe a prospéré parce qu'il n'y avait pas d'humains pour le perturber. Mais des hommes vivent à Bornéo depuis au moins des dizaines de milliers d'années. La plus ancienne peinture figurative connue – qui représenterait un animal sauvage ressemblant à une vache –, a été trouvée dans une grotte de l'île et datée d'au moins 40 000 ans. Puis, avec l'essor des

Rarement observée, peu étudiée et considérée comme en danger critique, une panthère nébuleuse de Bornéo déclenche un piège photographique près de la station de recherche de Cabang Panti. Grâce à leurs larges pattes, à leurs membres postérieurs souples et à leur longue queue, ces félins peuvent grimper aux arbres, descendre tête la première et se suspendre aux branches tout en agrippant leurs proies.

voies maritimes, des marchands venant de toute l'Asie, et ensuite d'Europe, ont afflué vers l'île pour ses arbres, ses minéraux et ses animaux.

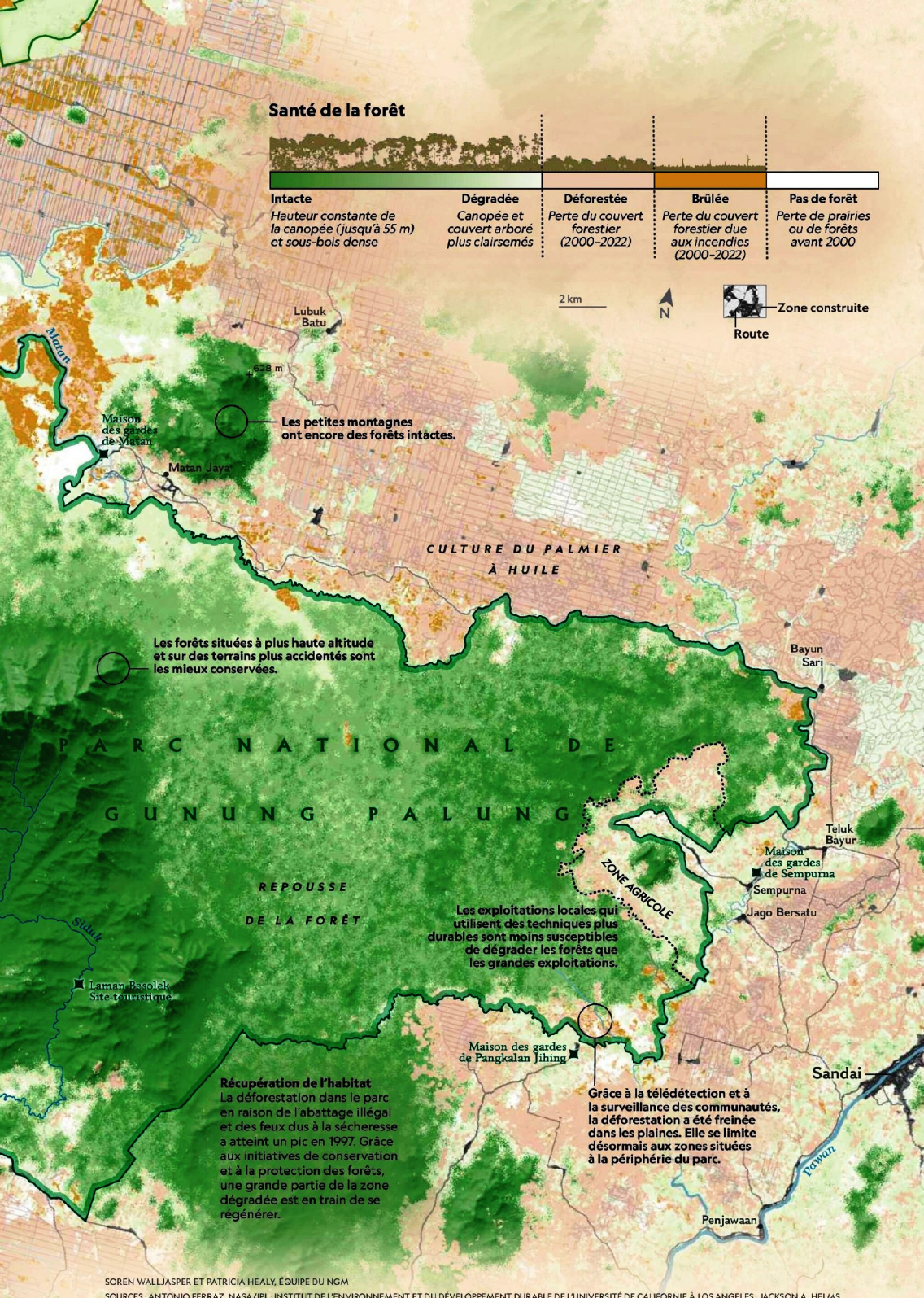
Aujourd'hui, l'énumération des ressources extraites sur place ressemble à la liste de courses d'un pilleur moderne : bois, or, diamants, bauxite, charbon, gaz naturel et animaux braconnés pour le commerce des animaux de compagnie ou la médecine traditionnelle. Mais les pertes les plus dévastatrices sont dues à la conversion des forêts en terres agricoles, notamment en plantations de palmiers à huile. Les incendies liés à la sécheresse ont aussi décimé les forêts primaires et, à la fin des années 1990, les troubles politiques et économiques dans la région ont alimenté une explosion des activités forestières et minières illégales. Au total, on estime que la partie indonésienne de Bornéo a perdu près d'un tiers de ses forêts entre 1973 et 2010.

Si le commerce illicite du bois a été réduit dans et autour de Gunung Parung, l'histoire instable de la région confère à ma visite un caractère d'urgence. Cheryl Knott, primatologue à l'université de Boston qui dirige les études sur les orangs-outans dans le parc, m'a expliqué que la forêt s'y était assez bien rétablie – notamment grâce à une meilleure application de la loi et aux travaux de recherche et de *(suite page 88)*

Menaces extérieures
L'agriculture industrielle défriche de vastes zones de forêt humide pour y produire notamment de l'huile de palme, des bananes et du riz. Les tourbières sont souvent drainées, ce qui assèche le paysage et accroît les risques d'incendie. Des feux ont ainsi dégradé et ravagé des forêts à l'extérieur du parc.

UNE NATURE PRÉSERVÉE

Dès 1937, les autorités ont commencé à transformer en réserves les premières parcelles de forêt équatoriale qui allaient plus tard former le parc national de Gunung Palung, à Bornéo. Aujourd'hui, alors que les activités humaines se sont intensifiées sur son pourtour, la zone de 1080 km² abrite certaines des forêts tropicales humides de plaine les plus épargnées d'Asie du Sud-Est. Avec les communautés locales et les scientifiques, le gouvernement indonésien s'est efforcé de préserver cette région riche en biodiversité.



SOREN WALLJASPER ET PATRICIA HEALY, ÉQUIPE DU NGM

SOURCES: ANTONIO FERRAZ, NASA/JPL, INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE DE L'UNIVERSITÉ DE CALIFORNIE À LOS ANGELES; JACKSON A. HELMS, LORAIN COUNTY COMMUNITY COLLEGE; CHERYL KNOTT, UNIVERSITÉ DE BOSTON ET PROGRAMME DE CONSERVATION DES ORANGS-OUTANS DE GUNUNG PALUNG; TIM LAMAN

LA FORÊT S'EST ASSEZ BIEN RÉTABLIE DANS LE PARC, MAIS, « SANS UNE VIGILANCE CONTINUE, CELA POURRAIT REBASCULER », SOULIGNE CHERYL KNOTT, SPÉCIALISTE DES PRIMATES.

(suite de la page 85) conservation, qui ont fourni des emplois à la population locale. Mais, a-t-elle insisté, « sans vigilance continue, cela pourrait facilement rebasculer ».

CHERYL KNOTT ET TIM LAMAN, SON MARI, SE RENDENT À BORNÉO depuis plus de trente ans pour étudier et photographier ses espèces sauvages et en dévoiler les secrets. En 1994, la chercheuse a entamé une étude à long terme, qu'elle dirige depuis lors, sur l'écologie et le comportement des orangs-outans à partir de la petite station de recherche du parc. Elle m'a invitée à visiter le site et, après deux jours et deux nuits de voyage, au terme duquel j'ai atterri à Pontianak, capitale du Kalimantan occidental, suivi d'un vol vers Ketapang, d'un trajet éprouvant en camion et d'une marche de six heures avec deux traversées de rivière, j'ai atteint la station de recherche de Cabang Panti.

Le site, rustique, se compose de trois bâtiments en bois servant de laboratoire, d'espace de travail, de cuisine et de logement pour le personnel, disposés autour d'une cour sablonneuse, au bord de la rivière Air Putih. Dans les bois alentour, quelques cabanes sur pilotis accueillent une vingtaine de chercheurs et d'étudiants qui se relaient sur place. En tant qu'espèce cruciale pour la vitalité de toute la région, les orangs-outans concentrent principalement l'attention, mais il y a beaucoup d'autres organismes à étudier dans ce réseau écologique complexe. Endro Setiawan, que je rencontrerai durant mon séjour, travaille par exemple à la création d'une base de données sur les arbres de Gunung Palung.

Après mon incursion dans la canopée de la forêt, je passe le reste du temps les pieds sur terre, à me promener. Comme Odoardo Beccari il y a cent soixante ans, je suis impressionnée par les innombrables formes de vie qui composent la forêt. J'observe les semnopithèques rubiconds et les macaques se livrer à une rivalité sans merci dans la canopée. Des papillons grands planeurs de la taille de ma paume passent en voletant. Je distingue à grand-peine la vipère verte *Tropidolaemus subannulatus,* camouflée sur une tige feuillue à côté du sentier. Lors d'un bain glacial dans la rivière, je remarque un varan d'un mètre de long chassant les poissons et une tortue à carapace molle fouillant la berge. À mon retour dans la forêt, une grenouille volante de Wallace bondit d'un arbre en déployant les larges membranes de ses doigts. Je me régale aussi du chant du shama à croupion blanc, qui fait de ce passereau une cible de choix pour le commerce des animaux d'agrément, et j'attends avec impatience la visite quotidienne d'un martin-pêcheur méninting. La nuit, je braque le faisceau de ma lampe de poche sur des grenouilles arboricoles – les pupilles dilatées, prêtes à attraper n'importe quel insecte – et sur des lézards et des oiseaux endormis sur les hautes branches.

Il pleut à torrents pratiquement toutes les nuits. Le tonnerre roule et gronde. Au matin, la rivière ayant enflé, ses flots sont déchaînés. Mais, en l'espace de quelques heures,

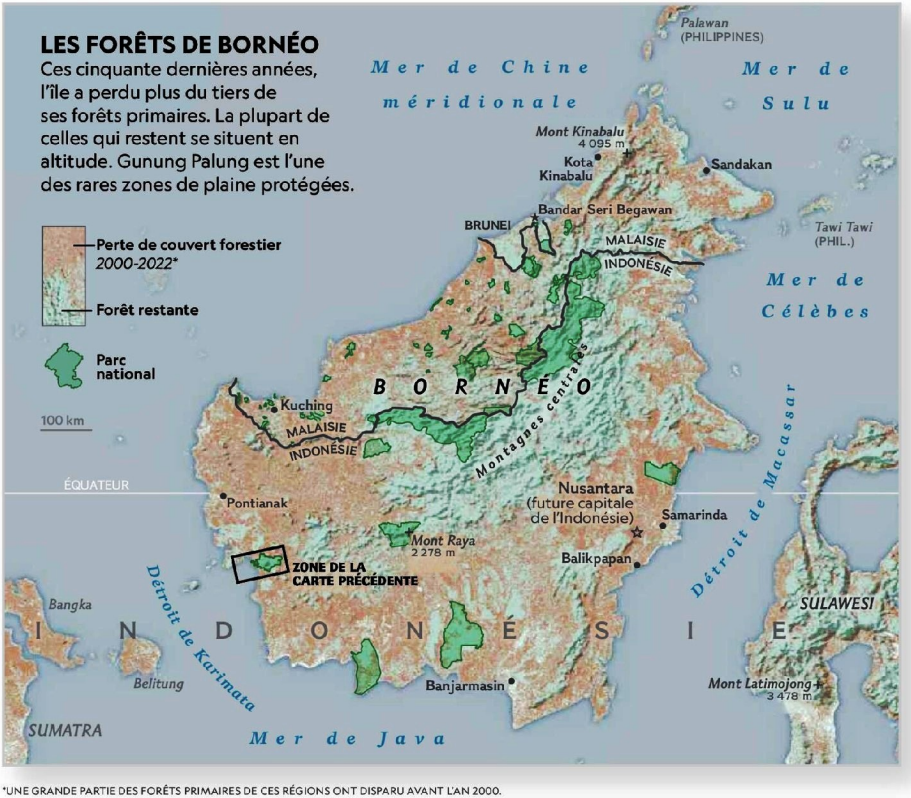
ses eaux baissent, après avoir inondé la forêt marécageuse et imprégné le sol sablonneux. Les bois étincellent.

J'ai toujours mes orangs-outans en tête. Les chercheurs m'ont promis de m'alerter s'ils en aperçoivent un – tout en me disant de ne pas trop espérer. Les orangs-outans sont les seuls grands singes à ne pas vivre dans des groupes sociaux étendus. Comme ils se nourrissent surtout de fruits, une troupe nombreuse épuiserait rapidement les réserves de nourriture d'une région. C'est pourquoi ils se dispersent et peuvent évoluer très loin de la station. Il faut parfois des jours de traque pour les trouver.

UN MATIN, UN ÉTUDIANT ENTRE EN TROMBE DANS MA cabane. Deux orangs-outans – une mère et son fils, connus des chercheurs sous le nom de Bibi et Bayas – ont été repérés à une demi-heure de marche du camp. Je chausse aussitôt mes bottes et attrape mes jumelles.

Nous trouvons les deux singes en train de manger dans la canopée. Ils cueillent et avalent un par un les petits fruits d'un *Popowia*, qui comptent parmi les centaines d'autres qu'ils consomment. Se nourrir occupe toute leur journée, les singes se déplaçant avec adresse d'arbre en arbre pour trouver ce qui est arrivé à maturité. Considérés comme des frugivores – 60 % de leur régime alimentaire est constitué de fruits –, ils ne dédaignent pourtant pas les écorces, les feuilles et les insectes. Mais ce sont les cycles de fructification des arbres qui déterminent leurs périples dans la forêt. Les singes, eux, contribuent à façonner cette dernière en semant les graines de futurs arbres dans leurs excréments au fil de leurs déplacements.

Sans se douter une seconde du service qu'ils fournissent, la mère et le fils passent nonchalamment d'arbre en arbre grâce à leurs bras incroyablement longs. Parfois, Bayas, âgé de 7 ans, se dresse sur une *(suite page 96)*



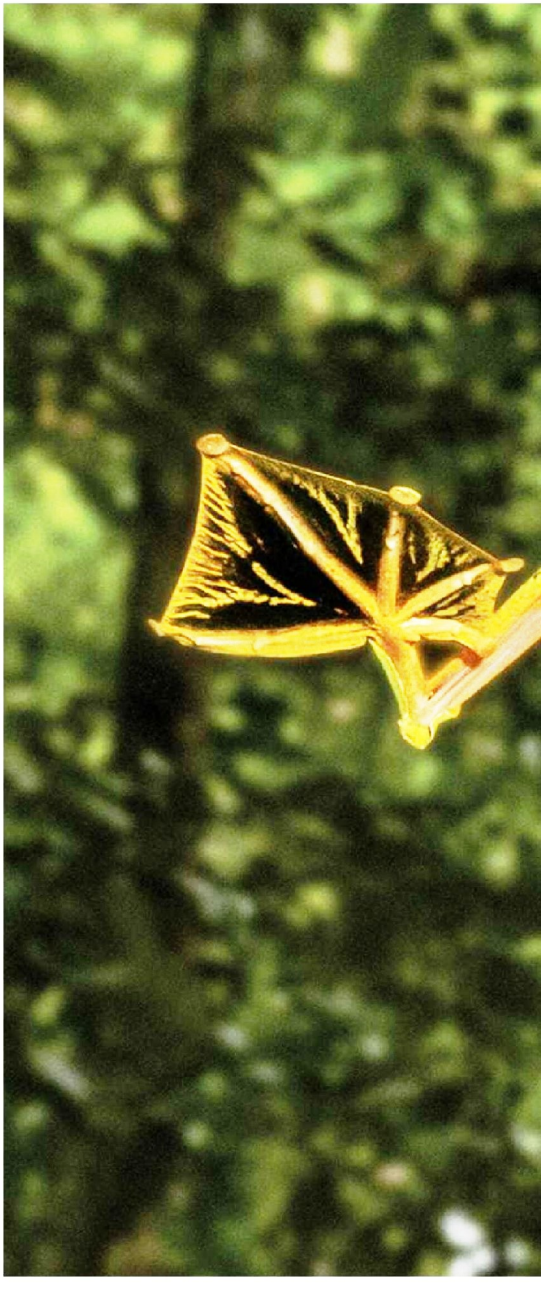
*UNE GRANDE PARTIE DES FORÊTS PRIMAIRES DE CES RÉGIONS ONT DISPARU AVANT L'AN 2000.

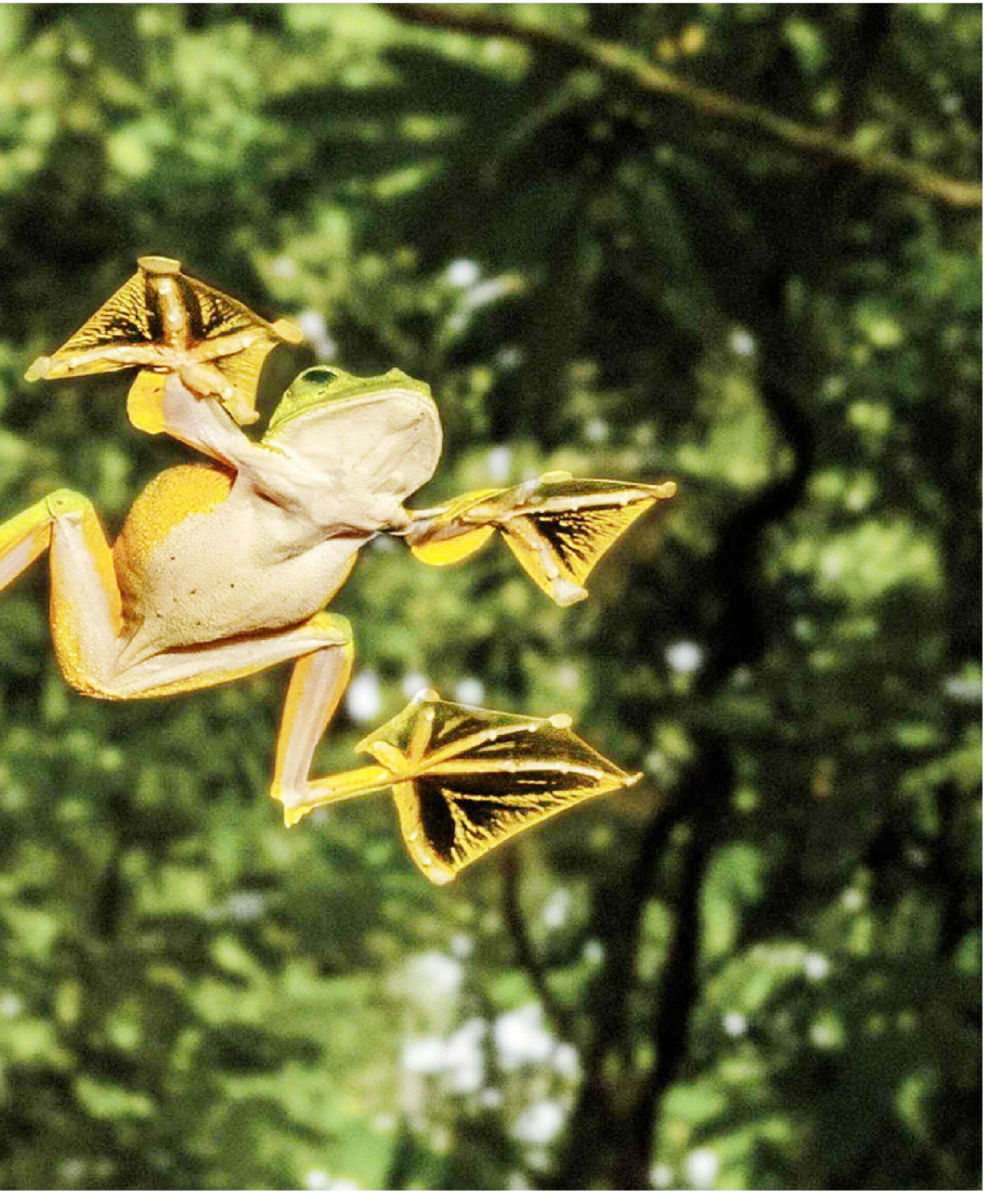
SOREN WALLJASPER ET PATRICIA HEALY, ÉQUIPE DU NGM
SOURCES : NASA SRTM ; MATTHEW C. HANSEN, UNIVERSITÉ DU MARYLAND

Une brume matinale descend sur la forêt tropicale humide du mont Palung. Les neuf biomes forestiers du parc national s'étagent en fonction du relief, depuis la mangrove et les forêts de tourbières jusqu'aux forêts d'altitude.

TIM LAMAN, AVEC LE PILOTE DE DRONE TRI WAHYU SUSANTO

Près des énormes contreforts d'un *Dialium*, les chercheurs (de gauche à droite) Zakaria, Ari Marlina et Sahril Ramadani recueillent des données sur les orangs-outans dans la canopée. Créé en 1994, le projet Gunung Palung Orangutan étudie l'habitat des grands singes et leurs réponses aux fluctuations de leur alimentation.





Outre les quelque soixante-dix espèces de mammifères du parc de Gunung Palung, des milliers d'autres créatures peuplent les forêts tropicales humides de plaine de Bornéo. Ci-dessus : une grenouille volante de Wallace, qui peut planer grâce à ses très larges membranes interdigitales. À gauche, en partant du haut : une mante religieuse à l'affût de papillons, de pucerons ou d'abeilles ; des chenilles de limacodidés couvertes de poils urticants ; et un coléoptère trilobite *Platerodrilus* : adulte, il peut rester à l'état larvaire, peut-être afin de garder son énergie pour se reproduire.

(suite de la page 89) branche étroite et se penche jusqu'à ce qu'elle plie sous son poids, puis court vers son extrémité pour sauter sur un tronc voisin. Quand le tonnerre annonce l'orage, Bibi, dont l'âge est estimé à environ 30 ans, fait montre de toute sa sagacité en tenant un faisceau de branchages au-dessus de sa tête comme un parapluie. Quelques arbres plus loin, Bayas, lui, se fait rincer.

Je suis leurs mouvements jusqu'à en avoir mal au cou et que la lumière faiblisse. À chaque instant, je crains de rater quelque chose. Finalement, Bibi aménage un nid, comme elle le fait la plupart des soirs, en pliant des branches pour construire une plateforme en hauteur. Bayas la rejoint et ils s'installent pour la nuit.

AVANT DE QUITTER GUNUNG PALUNG, ENDRO SETIAWAN ME PROPOSE une visite très différente du monde luxuriant qui nous entoure. Alors que nous marchons sur un sentier, le forestier de 43 ans s'arrête et sort de l'étui qu'il porte à sa ceinture un *mandau*, le sabre en forme de machette utilisé traditionnellement par le peuple dayak. Avec sa lame brillante et dentelée, il coupe un bout de l'écorce d'un arbre et l'entaille, exposant sa face interne. « Sentez-moi ça », me dit-il. Je colle mon nez contre l'encoche. Ça sent... la terre ? Une terre un peu sucrée. « C'est l'odeur du *Dillenia* », m'annonce-t-il. Puis il me demande de presser mon oreille au même endroit, pour entendre le chant de l'arbre – légèrement pétillant, comme le murmure d'un vin mousseux.

Avec une équipe d'étudiants de Jakarta et d'ailleurs, Endro Setiawan a entrepris d'identifier toutes les espèces d'arbres poussant à l'intérieur de trente-neuf parcelles de recherche afin de constituer une base de données détaillée. Ils comptent ajouter des centaines de nouvelles essences au millier déjà connues. « Les plantes sont la fenêtre sur la science, m'explique-t-il. Si vous connaissez les plantes et les arbres, vous connaissez le cœur du parc. À partir de là, on peut apprendre tout ce qui repose sur eux. »

J'examine, j'écoute et sens toutes sortes d'arbres pendant que nous marchons. Endro Sentiawan me montre le grand *Shorea*, avec ses contreforts géants tels les ailerons d'une fusée, qui garantissent sa stabilité là où ses racines souterraines sont peu profondes – ce qui est commun chez les dipterocarpes, les feuillus géants qui dominent la forêt. Bornéo est un haut lieu pour la famille de ces arbres, avec quelque 270 espèces. Puis mon guide repère un figuier étrangleur ; il m'explique comment il germe à partir d'une graine se fichant dans la fourche d'un autre arbre, puis étend lentement ses racines vers le sol et finit par étouffer son hôte.

Il me montre également une souche de bois de fer de Bornéo, victime des bûcherons. Cet arbre à feuilles persistantes produit un bois dense et lourd, hélas prisé des constructeurs. Celui-ci, me fait-il remarquer, aurait pu atteindre 45 m et vivre un millier d'années. Il m'explique aussi que, tous les trois à cinq ans environ, la forêt connaît un

Un argus géant mâle, l'une des plus grandes espèces de faisans du monde – ils peuvent mesurer jusqu'à 2 m, du bec à l'extrémité de la queue –, courtise une partenaire potentielle lors d'une parade où il déploie ses ailes au plumage ocellé. Les mâles écartent les feuilles et les brindilles du sol avant leur performance.

phénomène appelé « pic de fructification » : les arbres produisent soudainement des fruits à foison, ce qui attire les animaux en grand nombre. Bien que la production soit modeste lors de notre passage, les essences fruitières abondent, comme le figuier, qui compte ici à lui seul cinquante-six espèces.

Endro Sentiawan poursuit ses leçons sur la forêt, faisant émerger un schéma d'ensemble : les arbres nourrissent les orangs-outans, ainsi que les autres mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens, insectes, champignons et micro-organismes, mais, pour nombre d'entre eux, les arbres fournissent aussi un cadre structurant, un calendrier des saisons, un réseau de transport. Pour d'autres, ils offrent un terrain de jeu, une école, un abri. Et pour tous, un endroit où se reposer. Un chez-soi.

Quelques jours plus tôt, lors de mon ascension dans la canopée, j'ai espéré que le caractère sauvage de l'endroit se traduirait par une profusion d'animaux. Mais, désormais, il est évident que j'ai plongé dans quelque chose de bien plus profond : le berceau de tout ce qui vit ici. □

Jennifer Holland collabore régulièrement à *National Geographic*. Biologiste, photographe et réalisateur, **Tim Laman** est Explorateur pour National Geographic depuis 1991.

La Voie lactée apparaît dans une trouée de la canopée. Les forêts tropicales humides de Bornéo datent de plusieurs millions d'années et figurent parmi les plus diversifiées de la planète sur le plan biologique. Elles abritent des milliers d'espèces que l'on ne trouve que sur l'île.

Les pluies printanières remplissent d'eau de petites oasis éphémères, source de vie

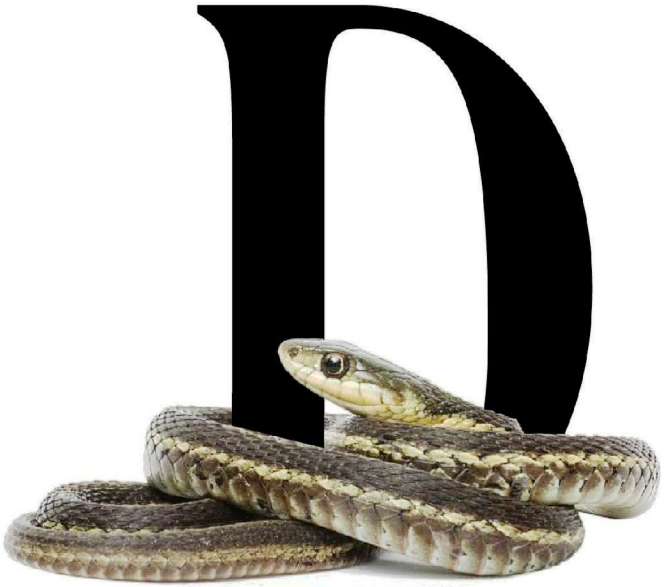
Un amas d'œufs de salamandre maculée flotte près de la surface d'une mare temporaire, dans le Maine. Alimentées par les pluies, ces mares sont vitales pour l'écosystème forestier.

PAR **SUSAN HAND SHETTERLY**
PHOTOGRAPHIES DE **TRISTAN SPINSKI**

Ces mares où la forêt bouillonne de vie

indispensable. Elles disparaissent ensuite jusqu'au retour de leur cycle annuel.

Deux grenoullles des bois s'accouplent dans une mare temporaire lors de leur migration nuptiale annuelle, dans le Maine. Le soir, grâce aux pluies et aux températures autour de 4 ou 5 °C, grenouilles et salamandres s'activent et quittent leur lieu d'hibernation.



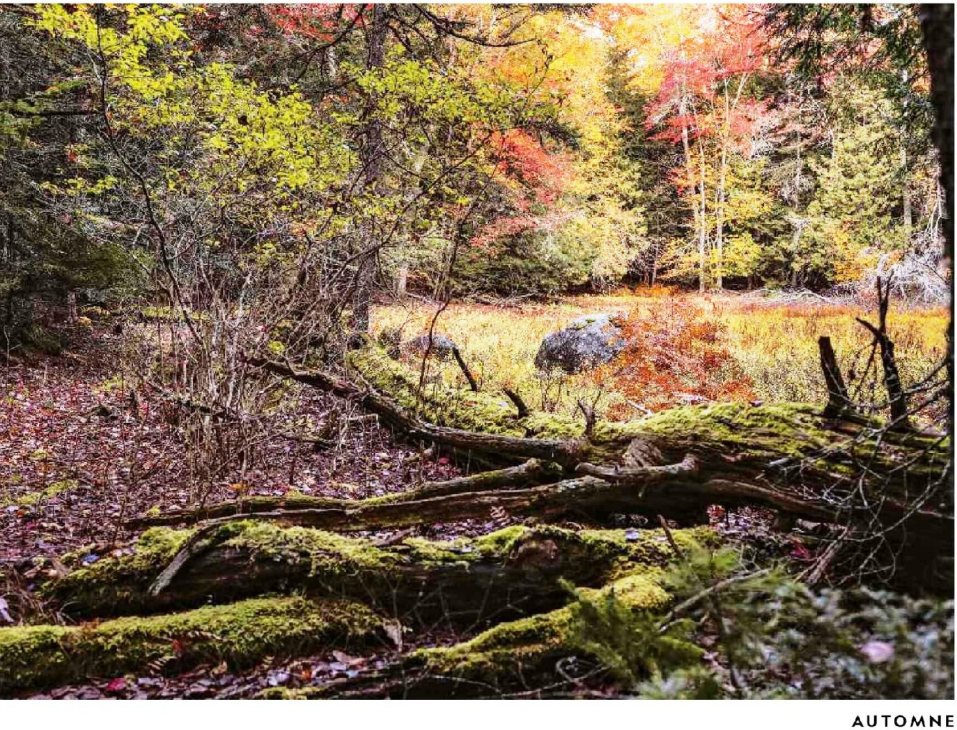
DANS LA FORÊT, JE SUIS UN CHEMIN que la chute des aiguilles de pruches du Canada a rendu meuble, année après année. Au bout du sentier, une lueur donne l'impression qu'un feu a été allumé quelque part sur un petit bout de litière végétale. En réalité, il ne s'agit pas de flammes, mais des rayons du soleil perçant à travers les arbres qu'une petite étendue d'eau reflète dans l'air. Cette mare peu profonde et éphémère est la raison de ma visite.

Nous sommes à la fin du printemps, il fait chaud cet après-midi, et la mare a déjà commencé à s'évaporer. Les « eaux temporaires » dépendent principalement des précipitations et des écoulements venant des hauteurs des forêts. Elles n'ont pas de points d'entrée ou de sortie permanents. Elles sont petites, profondes de 1 m environ, et ponctuent souvent les sols forestiers. Quand les températures saisonnières augmentent et que les pluies printanières s'arrêtent, elles se vident peu à peu par évaporation et par absorption racinaire des arbres et des broussailles alentour. La majorité de ces petites étendues d'eau s'assèchent à la fin de *(suite page 108)*

COULEUVRE RAYÉE (*THAMNOPHIS SIRTALIS*)

Aram J. K. Calhoun et son mari, Malcolm Hunter, biologistes et professeurs émérites à l'université du Maine, se consacrent à ces petites étendues d'eau temporaires et à leur importance considérable pour l'environnement.

PRINTEMPS



AUTOMNE

ÉTÉ

Nous perdons des paysages et des espèces lorsque nous ne comprenons pas et ne protégeons pas ce qui fait d'eux un tout.

HIVER

La plupart des mares temporaires se reconstituent et prennent vie au printemps, puis s'assèchent l'été, avant d'entrer en sommeil l'hiver. Dans le Maine, les grenouilles des bois, les salamandres maculées ou à points bleus et les crevettes *Eubranchipus vernalis* sont spécifiquement adaptées à ces environnements, qui deviennent aussi des points d'eau et des garde-manger pour les autres animaux des alentours.

CREVETTE *EUBRANCHIPUS VERNALIS*

L'été, les nénuphars poussent dans les mares, offrant de l'ombre aux animaux aquatiques.

(suite de la page 104) l'été, et c'est là une de leurs caractéristiques essentielles. Les poissons ne survivant pas à cette sécheresse, les larves de grenouilles, de salamandres et de nombreux insectes, entre autres créatures, ont de bien meilleures chances d'arriver à maturité.

Ici, dans le coin le plus reculé du nord-est des États-Unis, un pan d'inlandsis haut de 1,6 km a atteint sa taille maximale il y a environ 20 000 ans. Son retrait y a laissé des cuvettes – ou kettles –, des dépressions argileuses et morainiques, et aussi sculpté des crêtes et d'énormes rochers. Les forêts portent encore les traces de cette activité glaciaire. Elles sont parcourues de ruisseaux, de marais, d'étangs et d'abondantes mares saisonnières.

Grâce à leurs bords spongieux et aux hauteurs boisées voisines qui procurent à la fois des refuges humides et secs – qui sont des composants indispensables d'un seul et même système –, ces mares apportent à la forêt une incroyable profusion de vie. Du reste, arbres et mares sont étroitement liés : les premiers fournissent l'ombre qui prémunit les secondes d'un assèchement prématuré. Ils laissent ensuite tomber aiguilles, feuilles et branches dans l'eau, offrant ainsi de généreux festins aux bactéries et aux insectes, dont les larves sont, à leur tour, consommées par d'autres créatures.

Les oiseaux et les chauves-souris qui s'abritent dans les arbres voisins se nourrissent d'insectes et, quand les amphibiens s'aventurent sur la terre ferme, beaucoup sont capturés par d'autres animaux. Et ainsi de suite. Dans l'eau, sur terre comme dans les airs, les hôtes de ces bois portent en eux un peu d'une mare forestière.

JE PLONGE UN FILET dans une de ces mares, le relève et le renverse dans un bol en verre. Toutes sortes d'espèces en émergent. De nombreux animaux

GRENOUILLE DES BOIS (*RANA SYLVATICA*)

Une salamandre maculée dépose ses œufs sur une brindille à la saison de l'accouplement.

présents dans cet environnement peuvent vivre dans d'autres étendues d'eau, mais quelques-uns ont un cycle de vie spécifiquement adapté à ces lieux. En avril, quand la glace fond et que les pluies balaient les territoires, les crevettes *Eubranchipus vernalis* y éclosent et nagent sous une fine couche de glace printanière. Mesurant environ 2,5 cm, ces crustacés ratissent l'eau, ventre en l'air, au moyen de leurs pattes, qui leur permettent de nager, de respirer et de collecter de la nourriture.

Ces crevettes n'ont pas seulement évolué pour anticiper un assèchement estival : elles en ont impérativement besoin. Quand la femelle libère de son sac ovigère des œufs fécondés, ils se posent au fond de l'eau, grandissent pendant quelques jours, puis interrompent leur développement. Ces œufs minuscules à l'enveloppe externe dure reposent sur la boue recouverte de couches de feuilles et de débris. Ils écloront et se développeront au retour des pluies, leur vie étant coordonnée au cycle des mares temporaires. Tous les œufs n'éclosent pourtant pas au cours de l'année. Certains peuvent attendre dix ou vingt ans, voire rester dans la boue pendant un siècle, d'après les suppositions de chercheurs.

PAR UNE NUIT DE PRINTEMPS FROIDE et pluvieuse, les grenouilles des bois se réveillent de leur longue dormance. Elles ont passé l'hiver dans des cuvettes peu profondes, sous des feuilles, ou dans des arbres tombés au sol. Ces amphibiens, que l'on trouve jusqu'au cercle arctique, sont tolérants au gel. Car, lorsque les températures chutent, leur foie libère dans leur sang une grande quantité de glucose qui s'ajoute à un taux élevé d'urée. Ce cocktail irrigue leurs tissus et limite les effets du gel. Littéralement congelées, ces grenouilles semblent mortes. Le mélange de glucose et d'urée les maintient en vie durant les aléas du début du printemps. Elles sont souvent les premiers amphibiens à rejoindre les mares de reproduction, et peuvent supporter plusieurs épisodes de gel et de dégel. *(suite page 116)*

Un microcosme exubérant

Les mares temporaires sont de petites étendues d'eau éphémères, qui se forment dans des dépressions peu profondes et qui fourmillent de vie peu après la fonte des neiges ou les pluies printanières. Ces écosystèmes sont présents aux États-Unis et dans de nombreuses régions du monde. Quand une mare s'assèche, nombre de ses habitants s'enfoncent dans la forêt alentour et reviennent l'année suivante, quand la pièce d'eau se reforme.

PETITES MARES, GRANDES CONNEXIONS

Les eaux temporaires abritent des centaines d'espèces, en majorité migratrices. Certaines grenouilles, crevettes et salamandres en dépendent largement pour se reproduire.

- Durée de vie
- Ponte moyenne
- Migration habituelle chez l'adulte
- Taille

ZONE DE REPRODUCTION
Amphibiens, crustacés, mollusques et autres invertébrés y vivent et s'y reproduisent, à l'abri des poissons, leurs prédateurs.

REFUGE FORESTIER
La litière et les troncs sur le sol humide abritent amphibiens et reptiles qui migrent vers les hauteurs voisines pour s'y nourrir et hiberner.

OASIS SAUVAGE
Les mares temporaires, riches en proies de tous genres, procurent nourriture, eau et repos à de nombreux animaux des forêts.

Crevette*

50-90 jours	Centaine
Aucune	1,3-2,5 cm

À la saison sèche, les œufs sont en dormance. Viables durant des années, ils éclosent quand la mare se reconstitue; leur durée de vie correspond à celle de cette étendue d'eau.

Grenouille des bois*

3-5 ans	Mille
133 m	5-7,6 cm

Leur organisme peut geler partiellement pendant l'hibernation sous les feuilles mortes. À leur réveil, les adultes déposent des amas d'œufs (futurs têtards) dans les mares.

Salamandre maculée*

15-20 ans	20-100
119 m	15-20 cm

Elles quittent leurs terriers des hauteurs et déposent leurs œufs sur des brindilles immergées. Ceux-ci doivent parvenir au stade juvénile avant que la mare s'assèche.

SOUS LA CANOPÉE
Une canopée intacte préserve l'humidité ambiante nécessaire à la survie des grenouilles et des salamandres.

DÉVELOPPEMENT
Au printemps, les migrations nocturnes vers les mares exposent les animaux aux véhicules et aux produits anti-verglas épandus sur les routes.

RÉSEAU ÉTENDU
Certains juvéniles ne regagnent pas leur mare de naissance et partent vers d'autres eaux, favorisant ainsi la dispersion de leurs gènes.

*AIRE DE RÉPARTITION DE LA CREVETTE *EUBRANCHIPUS VERNALIS*, DE LA GRENOUILLE DES BOIS (*RANA SYLVATICA*) ET DE LA SALAMANDRE MACULÉE (*AMBYSTOMA MACULATUM*)

MONICA SERRANO, KATIE ARMSTRONG, PATRICIA HEALY ET EVE CONANT, ÉQUIPE DU NGM. ILLUSTRATION : KOMA ZHANG. SOURCES : ARAM J. K. CALHOUN ET MALCOLM (MAC) HUNTER, DÉPARTEMENT DE LA VIE SAUVAGE, DES PÊCHERIES ET DE LA BIOLOGIE DE LA CONSERVATION À L'UNIVERSITÉ DU MAINE

Les eaux temporaires forment des oasis saisonnières sur lesquelles comptent de nombreuses espèces, comme (dans le sens horaire, à partir d'en haut, à gauche) cette jeune tortue peinte, la libellule *Williamsonia lintneri*, la chouette rayée et la salamandre à points bleus – autant d'animaux observés dans le nord-est des États-Unis. Ci-contre, une grenouille des bois pendant la migration nuptiale annuelle.

Des têtards nagent dans la sphaigne, sous des feuilles mortes et des branches dans une mare temporaire, au début du printemps. Ils se nourrissent notamment d'algues et de bactéries, et peuvent constituer le repas d'autres animaux.

Cette vue aérienne montre une grande mare saisonnière et ses alentours à Aurora, dans le Maine. L'État compte plus d'aires boisées – près de 90 % de sa superficie – que tout autre aux États-Unis.

(suite de la page 109) Les mâles appellent les femelles d'un croassement rauque, qui les avertit du commencement du rituel printanier. De nombreux prédateurs affamés sont aussi à l'affût de cette cacophonie. Ce rituel, qui multiplie éclaboussements et hurlements à mesure que les mâles se battent pour coincer les femelles en position d'accouplement, est bref. Les femelles expulsent des amas ronds d'œufs et les mâles, fermement accrochés à leur dos, libèrent un nuage de sperme pour les féconder.

Les salamandres maculées arrivent à peu près au milieu de la saison de reproduction des grenouilles des bois. Du genre *Ambystoma*, ces créatures passent la quasi-totalité de leur vie abritées sous les mousses, les feuilles et les écorces, dans des creux de racines mortes depuis longtemps ou dans des troncs en décomposition. Les salamandres, contrairement aux grenouilles des bois, passent l'hiver sous le seuil de gel, souvent dans des terriers profonds creusés par les grandes musaraignes.

Leur rituel d'accouplement se déroule sous l'eau : au cours d'un rassemblement silencieux, les mâles déposent leur spermatophore – sorte de capsule de sperme – sur une feuille ou une brindille au fond de l'eau. Une femelle passant au-dessus de l'un d'eux l'introduit dans son cloaque pour féconder ses œufs. Pondus sur des branches ou des tiges, ceux-ci sont réunis en une masse gélatineuse et translucide d'à peu près la forme d'un rein.

Les larves de salamandre grandissent en se nourrissant d'insectes, de petits crustacés et de têtards de grenouilles des bois – et s'entre-dévorent aussi à l'occasion. Les têtards mangent des œufs et des cadavres d'amphibiens, mais leur régime est avant tout constitué de biofilms de bactéries ou d'algues qu'ils raclent sur les plantes et d'autres résidus de la mare. Ici, toutes les créatures mangent ou sont mangées, et la plupart d'entre elles (mais pas toutes) sont engagées dans une course contre la montre à mesure que le niveau d'eau baisse pendant l'été.

Quasi tous les spécimens adultes de grenouilles des bois et de salamandres maculées cherchent à retourner dans leur mare natale pour se reproduire, mais quelques juvéniles agissent en pèlerins. Chaque année, après leur métamorphose, ceux-ci s'extirpent de la mare et s'en vont, emmenant leur bagage génétique vers d'autres eaux temporaires.

CES MARES SONT CONTINUELLEMENT négligées. Elles trouvent leurs plus fervents défenseurs chez les biologistes qui les étudient et chez les habitants des petites villes et villages qui s'emploient à les protéger de toute construction. Un mouvement qui prend de l'ampleur dans le nord-est des États-Unis incite les riverains à sortir de nuit, lors des premières pluies printanières, pour aider les amphibiens à traverser les routes et à rejoindre leurs mares natales. Prendre dans sa main une salamandre ou une grenouille des bois par une soirée glaciale donne la sensation de tenir un glaçon vivant. Certains se donnent pour mission de cartographier ce milieu, recensant ses espèces et prenant des notes détaillées des paysages voisins. Car préserver une mare sans protéger ses environs ne sert pas à grand-chose.

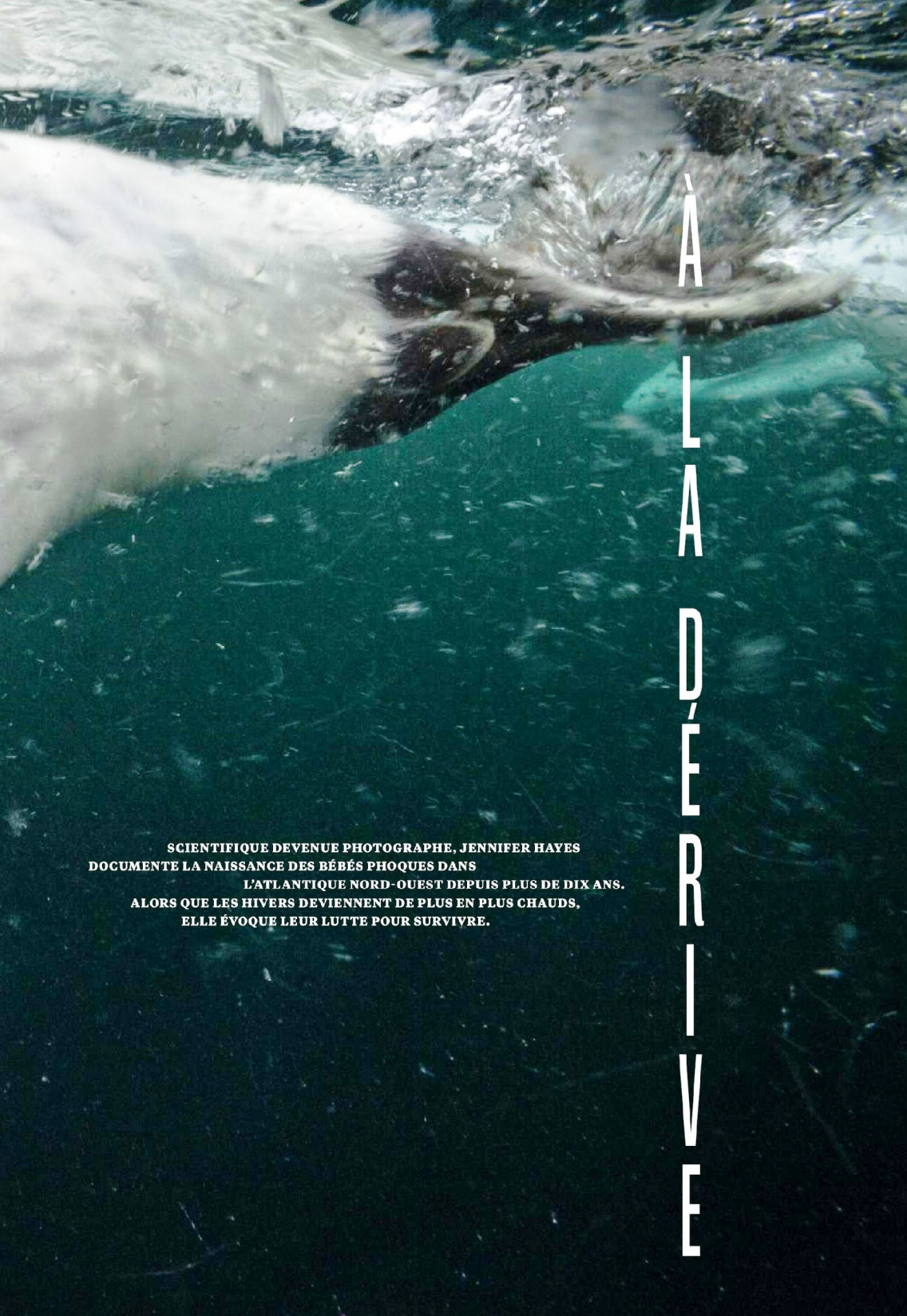
Aram J. K. Calhoun fait partie des défenseurs des mares temporaires. Les travaux de cette biologiste chevronnée des zones humides, qui est aussi formatrice en environnement, ont d'ailleurs contribué à orienter les politiques en faveur des zones humides dans le Maine et au-delà.

Mes voisins et moi avons pris exemple sur ces initiatives. Ensemble, nous avons marché jusqu'à une petite route boueuse sous les pluies d'avril, équipés de lampes torches pour accueillir les grenouilles et les salamandres cherchant à rejoindre les mares où elles sont nées. C'était là une célébration de la vie, du partage de notre habitat avec des espèces autres que la nôtre. □

L'auteure **Susan Hand Shetterly** est spécialiste des sujets sur la nature et la vie sauvage. Photographe, **Tristan Spinski** signe ici son premier reportage pour *National Geographic*.

TORTUE MOUCHETÉE (*EMYDOIDEA BLANDINGII*)

Un jeune phoque du Groenland nage dans le golfe du Saint-Laurent. Les femelles mettent bas sur la glace. Durant deux semaines, les blanchons font des réserves de graisse en vue de leur sevrage, pour supporter l'eau glaciale et survivre par eux-mêmes.



À LA DÉRIVE

SCIENTIFIQUE DEVENUE PHOTOGRAPHE, JENNIFER HAYES DOCUMENTE LA NAISSANCE DES BÉBÉS PHOQUES DANS L'ATLANTIQUE NORD-OUEST DEPUIS PLUS DE DIX ANS. ALORS QUE LES HIVERS DEVIENNENT DE PLUS EN PLUS CHAUDS, ELLE ÉVOQUE LEUR LUTTE POUR SURVIVRE.

Des mères et leurs petits sont dispersés sur la banquise fracturée à la fin février 2020. Du fait du réchauffement des températures et des vents, la glace – sur laquelle on distingue les taches de sang des mises bas – a continué à se briser.

EN PLONGÉE

sous une cathédrale de glace blanche, j'entendais les sifflements, les cris et les couinements des bébés phoques du Groenland. Autour de moi, dans les eaux glaciales du golfe du Saint-Laurent, des phoques adultes tournoyaient avec grâce dans leur monde sous-marin. Sur le plafond de glace au-dessus de nous, des milliers de nouveau-nés se reposaient.

C'était en mars 2011, dans l'archipel de la Madeleine. Avec David Doubilet, j'avais entrepris de photographier ces animaux dans le cadre d'un reportage sur l'écosystème marin du golfe du Saint-Laurent, un recoin de l'Atlantique Nord débordant de vie. Traditionnellement, l'hiver, la banquise y devient l'aire de mise bas la plus méridionale de l'espèce.

« Cherchons la glace, nous dit Mario Cyr, notre guide. S'il y a de la glace, il y aura des phoques. » Il avait raison : des femelles gestantes avaient localisé des blocs dérivants non loin de l'Île-du-Prince-Édouard, s'y étaient installées et y avaient donné naissance à leurs petits. Nous avons navigué dans la banquise et passé une semaine à documenter leur comportement sur et sous l'eau.

Leur troupeau était dispersé dans un puzzle de petites plaques de glace balayées par les vents et entourées de neige fondue à moitié gelée. La journée, le soleil dansait sur les mères et leurs petits à la fourrure duveteuse. La nuit, les cris des blanchons résonnaient dans la coque du bateau durant notre sommeil. Les phoques du Groenland ont besoin de mettre bas sur la glace. Migrant depuis l'Arctique dès la fin du mois d'août, ils recherchent la banquise à la fin février, lorsque chaque femelle gestante donne naissance à un unique petit. Les mères allaitent leur blanchon pendant leurs deux premières semaines de vie pour qu'ils constituent leurs réserves de graisse, avant de les abandonner *(suite page 127)*

Un bébé phoque du Groenland est pris entre des plaques de glace après une tempête en mars 2022 au large des côtes de Terre-Neuve-et-Labrador. Les fortes pluies et les vents violents peuvent être fatals aux blanchons, dont la survie dépend de la glace.

Une mère et son petit se saluent par un « baiser », en 2011. Dans un troupeau, les femelles identifient leurs bébés en leur touchant le nez pour sentir leur odeur. Pendant l'allaitement, les blanchons glissent parfois de la glace. Ils ne peuvent survivre longtemps dans l'eau.

UN HABITAT FRAGILE

Les phoques du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest entament à la fin août une migration de plusieurs mois du Groenland et de l'Arctique canadien vers le sud, jusqu'au golfe du Saint-Laurent, pour mettre bas sur la banquise. Mais le réchauffement fragilise la glace, ce qui met en danger les petits.

En mars 2011, une mère et son petit se reposent après l'allaitement. La saison des naissances aux îles de la Madeleine, au Québec, est devenue une attraction touristique mondiale. Mais, ces derniers hivers, l'instabilité de la glace a entraîné des taux de noyade catastrophiques parmi les blanchons.

(suite de la page 122) lorsqu'elles partent s'accoupler. Les petits dépendent de cette graisse jusqu'à ce qu'ils sachent nager et chasser eux-mêmes leur nourriture. Pour apprendre à devenir un phoque du Groenland, les blanchons ont besoin de temps et d'une glace stable.

Mais les hivers dans le golfe du Saint-Laurent se réchauffent deux fois plus vite que les étés, à un rythme de plus de 2 °C tous les cent ans, note Peter Galbraith, chercheur en océanographie physique à Pêches et Océans Canada. Résultat : la banquise diminue et, avec elle, les sites pouvant accueillir les femelles et leurs petits.

Les scientifiques tendent à parler des hivers de la région en termes de bonnes ou de mauvaises années de glace. Les premières, caractérisées par des hivers plus froids et une banquise épaisse et étendue, se raréfient : la glace de mer dans le golfe s'amenuise depuis au moins 1995. Les secondes, dues à des hivers doux donnant une glace mince et fragile, sont désormais plus communes. Et elles peuvent être dévastatrices pour les phoques. Ce fut le cas en 2011.

Lors de notre dernier jour dans le golfe, en mars de cette année-là, une tempête a fait rage. Nous étions revenus *(suite page 130)*

KATIE ARMSTRONG, ÉQUIPE DU NGM. SOURCES : GARRY STENSON ; PETER GALBRAITH, PÊCHES ET OCÉANS CANADA ; DONNÉES OCÉANOGRAPHIQUES 2021, ORGANISATION DES PÊCHES DE L'ATLANTIQUE NORD-OUEST ; UICN ; CENTRE NATIONAL DE DONNÉES SUR LA NEIGE ET LA GLACE (NSIDC)

En mars 2022, survolant le Front en hélicoptère, les scientifiques Garry Stenson et Jessica Foley, de Pêches et Océans Canada, recensent les phoques du Groenland (en haut). Un mâle anormalement agressif (ci-dessus) tente de s'accoupler avec une femelle non réceptive, dont le petit se trouve à proximité. La saison des amours suit immédiatement le sevrage. Un blanchon se débat sur de la glace fine en 2020 (ci-contre). L'épaisse banquise du golfe offrait jusqu'alors un endroit sûr pour la survie des petits.

(suite de la page 127) au port lorsque Mario Cyr nous a annoncé la nouvelle : les plaques de glace avaient été pulvérisées et des milliers de blanchons avaient péri.

En tant que scientifique devenue reporter, je me suis alors interrogée sur l'avenir de cette espèce et j'ai décidé de documenter la vie des phoques du Groenland en les considérant comme une des incarnations de la crise climatique. Au cours de ces dix dernières années, je n'ai cessé de retourner dans les aires de reproduction du golfe pour les observer.

Grâce à Garry Stenson et Mike Hammill, spécialistes de ces mammifères à Pêches et Océans Canada, j'ai appris que l'absence de glace dans le golfe du Saint-Laurent peut être préférable à une mauvaise glace. Sans banquise, les phoques nagent plus loin et cherchent de la glace en dehors de leurs aires de reproduction habituelles. Mais en présence de glace, même de piètre qualité, le troupeau restera sur place, même si elle est trop mince pour accueillir les petits.

En mars 2022, j'ai rejoint Garry Stenson et son équipe alors qu'ils étaient en train de réaliser une étude sur les animaux menée tous les quatre ou cinq ans sur le Front, une zone située au large des côtes de Terre-Neuve-et-Labrador, la plus grande aire de reproduction de la population de phoques du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest en termes de superficie et d'individus.

« LA GLACE EST MOINS BONNE, LES VENTS SONT PLUS FORTS, ET LES DÉFIS SONT PLUS GRANDS. »
—GARRY STENSON, CHERCHEUR

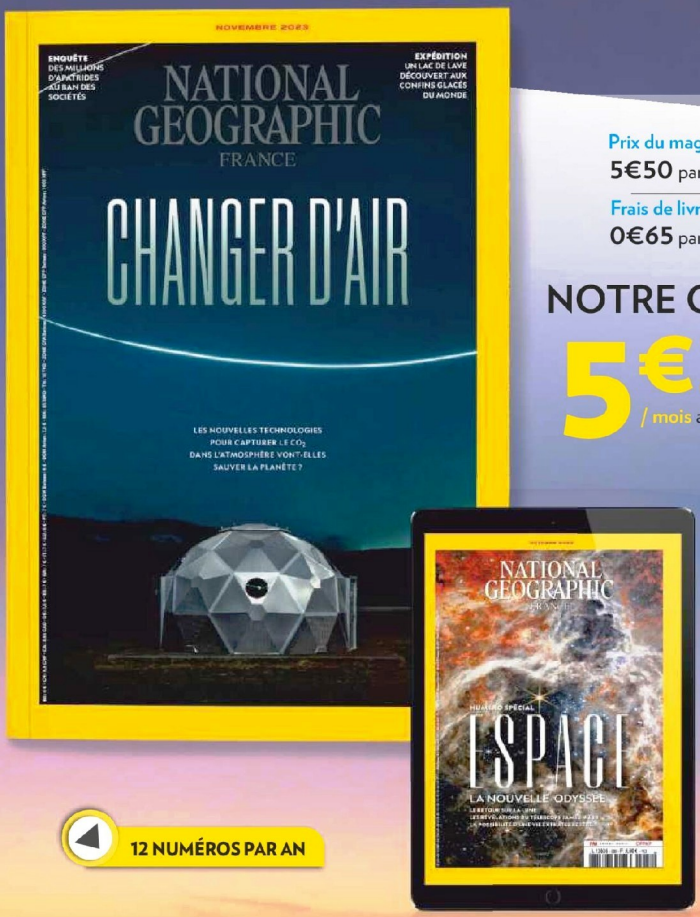
La surveillance de la zone nécessite des avions, de même que des hélicoptères basés sur des navires. Des émetteurs radio permettent la localisation des colonies de phoques pour le comptage des petits, l'évaluation de leur âge et le suivi de leurs déplacements. L'opération, en soi complexe, devient de plus en plus difficile, m'a confié Garry Stenson. La banquise au large de Terre-Neuve-et-Labrador suit la même évolution que celle du golfe du Saint-Laurent. Au début du relevé, une tempête a soufflé la glace au large et l'a brisée, alors que les vents poussaient les petits survivants vers l'est, loin de leurs zones de nourriture habituelles. C'était la dernière étude du chercheur avant sa retraite – et la plus difficile : « La glace est moins bonne, les vents sont plus forts et les défis sont plus grands. »

Les perspectives sont sombres, mais pas dénuées d'espoir. Les phoques du Groenland peuvent s'adapter et, pour survivre, ils suivront la glace. Mike Hammill et Garry Stenson prédisent que les phoques pourraient établir des aires de mise bas plus au nord (mais faire alors face à une nouvelle menace : les ours polaires). Ce mois-ci, ils entameront une nouvelle saison de reproduction dans le golfe du Saint-Laurent. J'y serai aussi, espérant que la glace soit bonne. □

Jennifer Hayes, biologiste marine et photographe, a notamment réalisé le reportage sur un projet international de sauvegarde des requins, avec David Doubilet, pour le numéro de juillet 2023.

Un blanchon s'abrite des vents incessants, en mars 2012. Selon les scientifiques, tant que la banquise sera présente, les phoques prendront le risque de retourner dans leurs aires traditionnelles de mise bas.

ABONNEZ-VOUS À NATIONAL GEOGRAPHIC



12 NUMÉROS PAR AN

Prix du magazine
5€50 par mois

Frais de livraison
0€65 par mois

NOTRE OFFRE

5€20 / mois au lieu de ~~6€15~~

AVANTAGES prismaSHOP.fr

- Version digitale offerte + ses archives
- Paiement immédiat et sécurisé
- Votre magazine plus rapidement chez vous

Sciences, Exploration, Société, Environnement...

DES REPORTAGES TRAITÉS ET ILLUSTRÉS PAR LES GRANDS PHOTOGRAPHES ET REPORTERS DE NOTRE ÉPOQUE VOUS ATTENDENT.

BULLETIN D'ABONNEMENT À NATIONAL GEOGRAPHIC

☐ **OFFRE SANS ENGAGEMENT** (1)

5€20 par mois
au lieu de ~~6,15€~~

Abonnement sans engagement, arrêt à tout moment

☐ **OFFRE ANNUELLE** (2) **(12 NOS)**

58€90 par an
au lieu de ~~73,80€~~

Mon abonnement annuel sera renouvelé à date anniversaire sauf résiliation de ma part

Mes modes de règlement :

@ JE RETROUVE MES OFFRES EN LIGNE

Directement sur :

www.prismashop.fr/NGEDN293

-15% supplémentaires
en vous abonnant en ligne

JE PEUX AUSSI PAYER PAR COURRIER POUR L'OFFRE ANNUELLE

❶ Je renseigne mes coordonnées* ☐ Mme ☐ M.

Nom* : .....

Prénom* : .....

Adresse* : .....

CP* : ☐☐☐☐☐

Ville* : .....

❷ Je joins un chèque à l'ordre de National Geographic
à renvoyer sous enveloppe affranchie à :
National Geographic - Service Abonnement - 62066 ARRAS CEDEX 9

PAR TÉLÉPHONE **0 826 963 964** Service 0,20 € / min + prix appel

*Informations obligatoires et sans autre annotation que celles mentionnées dans les espaces dédiées, à défaut votre abonnement ne pourra être mis en place. (1) Offre sans engagement : je peux résilier mon abonnement à durée indéterminée à tout moment par appel (voir CGV sur le site prismashop.fr), les prélèvements seront aussitôt arrêtés. (2) Abonnement annuel automatiquement reconduit à date anniversaire. Le Client peut ne pas reconduire l'abonnement à chaque anniversaire. PRISMA MEDIA informera le Client par écrit dans un délai de 3 à 1 mois avant chaque échéance de la faculté de résilier son abonnement à la date indiquée, avec un préavis avant la date de renouvellement. A défaut, l'abonnement à durée déterminée sera renouvelé pour une durée identique. Délai de livraison du 1er numéro, 8 semaines environ après enregistrement du règlement dans la limite des stocks disponibles. Les informations recueillies font l'objet d'un traitement informatique par PRISMA MEDIA à des fins de gestion des abonnements, fidélisation, études statistiques et prospection commerciale. Conformément à la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978 modifiée, vous pouvez consulter les mentions légales concernant vos droits sur les CGV de prismashop.fr ou par email à dpo@prismamedia.com. Offre réservée aux nouveaux abonnés de France métropolitaine. Photos non contractuelles. Les archives numériques sont accessibles durant la totalité de votre abonnement.

NGEDN293

LA SÉLECTION

LIVRES, FILMS, EXPOS...

PAR **MARIE-AMÉLIE CARPIO**

POURQUOI N'ÉLÈVE-T-ON PAS DE ZÈBRES ?

La domestication a accompagné une évolution radicale des sociétés humaines. Mais le phénomène est bien plus circonscrit qu'on ne l'imagine souvent. Géographiquement tout d'abord. Proche-Orient et Asie sont à l'origine de la majorité des domestications. Par contraste, seul un animal a été domestiqué dans toute l'Europe, entre la France et l'Espagne : le lapin. Ensuite, nombre d'espèces ne sont pas domesticables, car le processus implique diverses conditions : une bête facile à nourrir, sociale, avec un bon caractère et à la croissance assez rapide pour être rentable pour l'élevage. Ces quatre impératifs sont connus sous le nom de « principe d'Anna Karénine », en référence à l'*incipit* du roman de Tolstoï : « Toutes les familles heureuses se ressemblent, mais chaque famille malheureuse l'est à sa façon. » Qu'un critère manque, et la domestication est vouée à l'échec. Il en va ainsi avec le zèbre, beaucoup trop violent pour être élevé par l'homme.

ENTENDU DANS *Mécaniques du vivant*, saison 5 : *Les Domestications, épisode 1, de l'assiette au canapé*, podcast France Culture, produit par Marc Mortelmans.

PHOTOS (DANS LE SENS HORAIRE EN PARTANT D'EN HAUT, À GAUCHE) : LAUREL/ALAMY ; ENTERTAINMENT PICTURES/ALAMY ; MARCEL DIEULAFOY /BIBLIOTHÈQUE DE L'INSTITUT NATIONAL D'HISTOIRE DE L'ART (INHA) – COLLECTIONS JACQUES DOUCET

EFFLUVES DIVINES

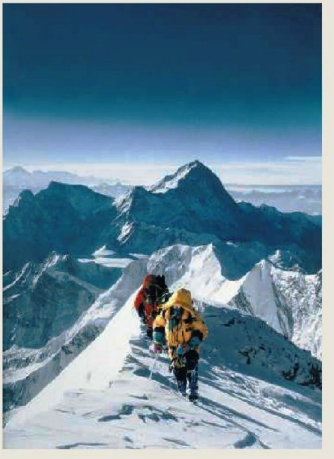
Bien avant d'embaumer les corps, les parfums étaient réservés aux dieux. Du bassin méditerranéen au Moyen-Orient, en particulier dans l'Égypte et la Rome antique, ils servirent à l'origine à matérialiser les prières et à honorer les divinités. L'huile sainte et l'encens des religions juive et chrétienne s'inscrivent dans cette longue tradition. Un usage liturgique avec lequel rompra l'islam, qui verra simplement dans le parfum un cadeau divin fait aux hommes.

VU DANS l'exposition *Parfums d'Orient*, à l'Institut du monde arabe, à Paris, jusqu'au 17 mars.

100 000

C'est le nombre d'icebergs qui fondent dans les océans du globe chaque année, selon l'Organisation des Nations unies. Et cette source d'eau douce au statut juridique flou commence à éveiller l'intérêt et les tensions entre États. Ainsi des frictions entre le Groenland et le Canada autour du sort de blocs de glace issus de la calotte groenlandaise, que le Canada souhaiterait mettre à profit pour s'approvisionner en eau, et dont le territoire danois revendique la propriété. Pour l'heure, cependant, les coûts de remorquage et d'exploitation des icebergs restent si élevés que les initiatives en la matière demeurent encore très limitées.

LU DANS *Le Journal du CNRS*, n° 314, en ligne sur cnrs.fr



Pollution au sommet

Si des campagnes de ramassage des déchets sont régulièrement organisées pour nettoyer l'Everest, des chercheurs ont établi que la principale cause de pollution sur le Toit du monde est bien plus insidieuse : elle provient des microfibres perdues par les vêtements synthétiques des randonneurs et des alpinistes. Toutes les 20 min d'utilisation, 1 g de tissu synthétique répandrait 400 fibres microplastiques.

LU DANS *Everest*, hors-série *National Geographic*, en kiosque le 14 février.

Une pionnière française de l'archéologie

Originaire de la bourgeoisie toulousaine, franc-tireur durant la guerre franco-allemande de 1870-1871, archéologue et écrivaine, Jane Dieulafoy aura vécu un destin hors norme. On lui doit notamment, ainsi qu'à son mari Marcel, la découverte de la frise des lions et de la frise des archers du palais de Darius, sur le site de Suse, où elle est ici immortalisée, en 1885. Les vestiges ont rejoint le Louvre du vivant du couple, dans une salle à leur nom.

LU DANS *Une histoire des grandes exploratrices*, de Caroline Riegel, éd. Glénat.

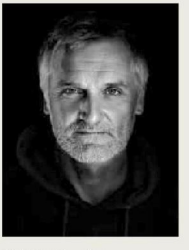
UNE FENÊTRE SUR L'AILLEURS

PAR **ÉMILIE RAUSCHER**

LA PHOTO EST SOUVENT l'affaire d'une rencontre avec un lieu. Ici, en l'occurrence, la Tadrart rouge, située dans le désert du Tassili n'Ajjer, dans le sud de l'Algérie (voir reportage p. 32 à 45). Le photographe Matjaz Krivic s'y est rendu en janvier 2023 : « J'étais parti tôt le matin, il faisait encore nuit, raconte-t-il. J'ai escaladé des rochers à la lueur d'une lampe torche et, soudain, face à moi, sont apparues les formations rocheuses d'Oan Atan, un paysage quasi extraterrestre, dans une ambiance surréaliste. »

En regardant autour de lui, le photographe devina une grotte en contrebas. Il descendit pour s'y glisser et une vue « digne d'un plateau de cinéma » s'ouvrit devant lui. « L'expérience était impressionnante, avec un silence écrasant et l'immensité qui s'animait peu à peu au lever du soleil. » Calé en équilibre instable, il immortalisa cette vue originale : « J'ai voulu "encadrer" ce lieu magique, afin d'y transporter le spectateur, souligne-t-il. Il ne fallait pas que cette image soit quelque chose de figé, mais davantage un portail. »

Matjaz Krivic prise particulièrement les clichés qui, comme celui-ci, saisissent un dialogue avec l'environnement, racontent un lien, une histoire. Ce qui demande de vivre l'instant présent, de s'immerger sans but précis, presque dans une forme de méditation. C'est pourquoi il part toujours bien équipé : afin de se donner le temps de se perdre, d'errer pour saisir la surprise quand elle se présentera – car elle se présente invariablement. « Je ne sais jamais où je vais arriver, mais je sais que quelque chose m'attend. »



Originaire de Slovénie, Matjaz Krivic documente depuis vingt-cinq ans les zones les plus pauvres de notre planète, leurs sociétés et leurs traditions. Il s'attache aussi à l'environnement et à sa conservation. Son regard original lui a valu de nombreux prix, dont le World Press Photo en 2016.

PHOTOS : MATJAZ KRIVIC ; MIRAN JURSIC (PORTRAIT)

NATIONAL GEOGRAPHIC

«NOUS CROYONS QUE PLUS L'HUMANITÉ COMPREND LE MONDE, PLUS ELLE LE PROTÈGE.»

NATIONAL GEOGRAPHIC FRANCE

13, rue Henri-Barbusse
92624 Gennevilliers Cedex
Standard : 01 73 05 45 45

DIRECTEUR DE L'ÉDITION FRANÇAISE
Frédéric Vallois

RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE
Marie-Amélie Carpio

CHEFFE DE STUDIO
Hélène Verger

CHEFFE DE LA PHOTO ET DES ÉVÉNEMENTS
Emanuela Ascoli

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION
Gaëlle Cazaban

COORDINATRICE DE CONTENUS
Nadège Lucas

CORRECTRICE-RÉVISEUSE
Joëlle Hauzeur

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO :
Philippe Babo, Philippe Bonnet, Emmanuelle Christophe, Bernard Cucchi, Hélène Inayetian, Marie-Pascale Lescot, Sébastien Sibiril, Leslie Talaga, Légendes Cartographie

DIRECTEURS GÉNÉRAUX
Pascale Socquet, Philipp Schmidt
DIRECTEUR DE LICENCE
Emmanuel Kessler
DIRECTRICE MARKETING ET BUSINESS DÉVELOPPEMENT
Dorothée Fluckiger
GLOBAL MARKETING & BUSINESS MANAGER
Hélène Coin
GLOBAL MARKETING & BUSINESS OWNER
Juliette Lerouge

PUBLICITÉ
DIRECTEUR EXÉCUTIF PMS
Philipp Schmidt (01 73 05 51 88)
DIRECTRICE EXÉCUTIVE ADJOINTE PMS
Virginie Lubot (01 73 05 64 48)
DIRECTRICE DÉLÉGUÉE
Maria Isabelle de Saint Bauzel
LEAD MARQUE
Diane Mazau
PLANNING MANAGER
Sandra Missue (01 73 05 64 79)
INDUSTRY DIRECTOR AUTOMOBILE
Dominique Bellanger (01 73 05 45 28)
DIRECTRICE DÉLÉGUÉE CREATIVE ROOM
Viviane Rouvier (01 73 05 51 10)
DIRECTEUR DÉLÉGUÉ DATA ROOM
Jérôme de Lempdes (01 73 05 46 79)
DIRECTEUR DÉLÉGUÉ INSIGHT ROOM
Charles Jouvin (01 73 05 53 28)

Licence de
NATIONAL GEOGRAPHIC PARTNERS
Magazine mensuel édité par :
PM PRISMA MEDIA
Siège social : 13, rue Henri-Barbusse, 92624 Gennevilliers Cedex
Éditeur : Prisma Media Société par Actions Simplifiée au capital de 3000000 d'euros d'une durée de 99 ans ayant pour Présidente Madame Claire Léost.
Son associé unique est Société d'Investissements et de Gestion 123 - SIG 123 SAS
Directrice de la publication :
CLAIRE LÉOST

DIFFUSION
DIRECTRICE DE LA FABRICATION ET DE LA VENTE AU NUMÉRO
Sylvaine Cortada **01 73 05 64 71**
MANAGER RESPONSABLE TITRE VENTE AU NUMÉRO
Ghislaine Lembert **01 73 05 56 65**
DIRECTEUR MARKETING CLIENT
Laurent Grolée **01 73 05 60 25**

FABRICATION
Stéphane Roussiès, Mélanie Moitié
Imprimé en Pologne :
Walstead Central Europe,
ul. Obr. Modlina 11, 30-733 Kraków, Poland
Provenance du papier : Finlande
Taux de fibres recyclées : 0,00 %
Eutrophisation : Ptot 0,003 kg/to
Date de création : octobre 1999
Dépôt légal : février 2024
ISSN 1297-1715
Commission paritaire : 1123 K 79161

NATIONAL GEOGRAPHIC
Pour vous abonner, c'est simple et facile sur
prismashop.fr/ng
Pour tout renseignement sur votre abonnement ou pour l'achat d'anciens numéros
SERVICE ABONNEMENTS
62066 Arras Cedex 09
Par téléphone depuis la France
0 808 809 063 Service gratuit + prix appel
Abonnement au magazine France :
1 an/12 numéros : 66 €
1 an/12 numéros + 6 hors-séries : 107,40 €

NATIONAL GEOGRAPHIC CONTENT

PRESIDENT Courteney Monroe
EVP & GENERAL MANAGER David Miller
EDITOR IN CHIEF Nathan Lump

MANAGING EDITOR David Brindley
HEAD OF VISUALS Soo-Jeong Kang
HEAD OF CREATIVE Paul Martinez
HEAD OF DIGITAL Alissa Swango
HEAD OF MULTIPLATFORM CONTENT Michael Tribble

INTERNATIONAL EDITIONS
EDITORIAL DIRECTOR Amy Kolczak
INTERNATIONAL EDITIONS EDITOR Leigh Mitnick
EDITORS: ARABIC: Hussain AlMoosawi. BULGARIA: Krassimir Drumev. CHINA: Tianrang Mai. CZECHIA: Tomáš Tureček. FRANCE: Frédéric Vallois. GEORGIA: Ketevan Chumburidze. GERMANY: Werner Siefer. HUNGARY: Tamás Vitray. INDONESIA: Didi Kaspi Kasim. ISRAEL: Mirit Friedman. ITALY: Marco Cattaneo. JAPAN: Shigeo Otsuka. KAZAKHSTAN: Yerkin Zhakipov. KOREA: Junemo Kim. LATIN AMERICA: Alicia Guzmán. LITHUANIA: Frederikas Jansonas. NETHERLANDS/BELGIUM: Robbert Vermue. POLAND: Agnieszka Franus. PORTUGAL AND SPAIN: Gonçalo Pereira. SLOVENIA: Marija Javornik. TAIWAN: Yungshih Lee. THAILAND: Kowit Phadungruangkij.

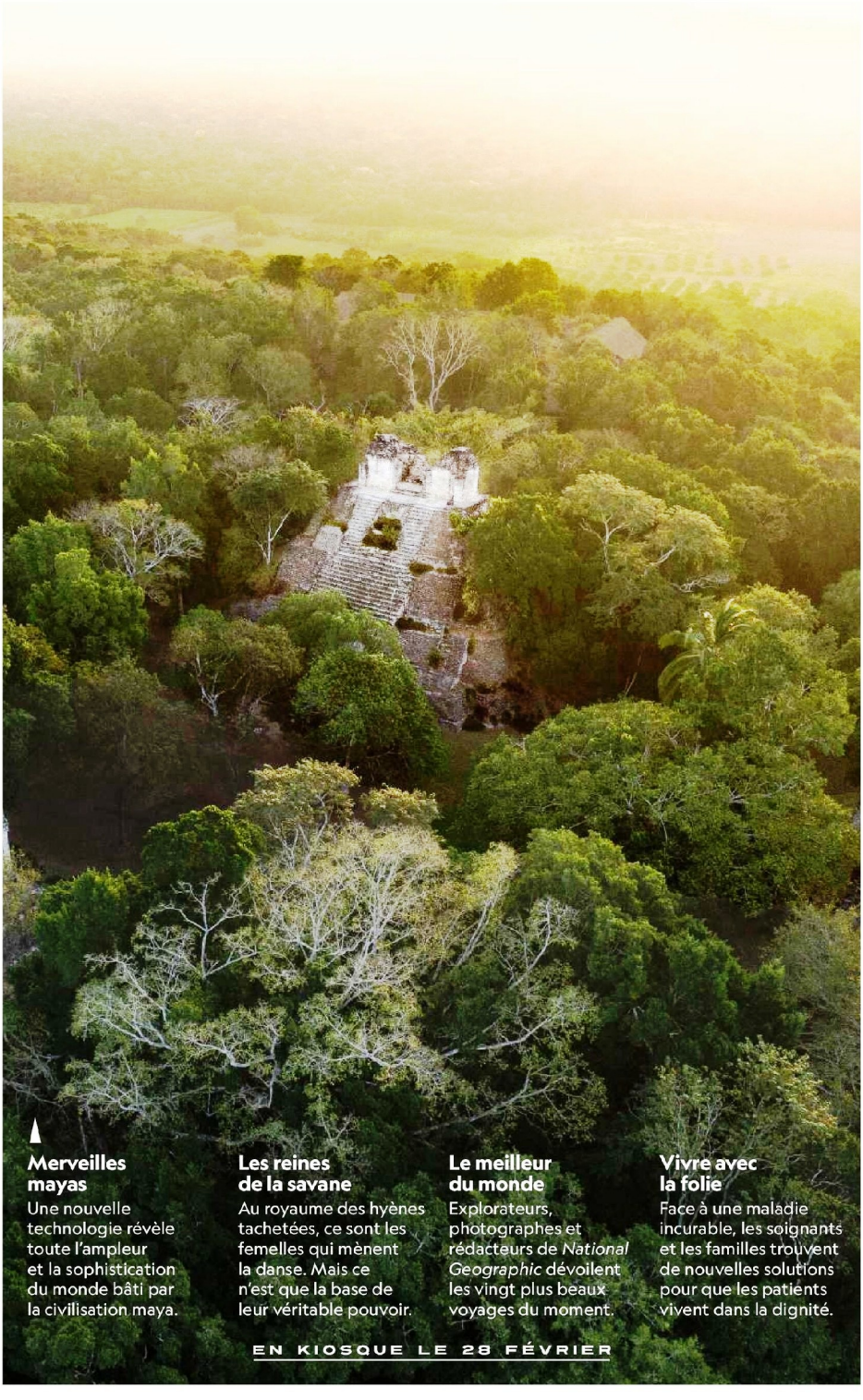
Copyright © 2024
National Geographic Partners, LLC
All rights reserved. National Geographic and Yellow Border: Registered Trademarks ®
Marcas Registradas. Copyright © 2024 French edition National Geographic Partners, LLC. All rights reserved.

ACPM

FR

PEFC
PEFC/29-31-337
PEFC Certified
www.pefc.org

La rédaction du magazine n'est pas responsable de la perte ou détérioration des textes ou photographies qui lui sont adressés pour appréciation. La reproduction, même partielle, de tout matériel publié dans le magazine est interdite. Tous les prix indiqués dans les pages sont donnés à titre indicatif.



Merveilles mayas
Une nouvelle technologie révèle toute l'ampleur et la sophistication du monde bâti par la civilisation maya.

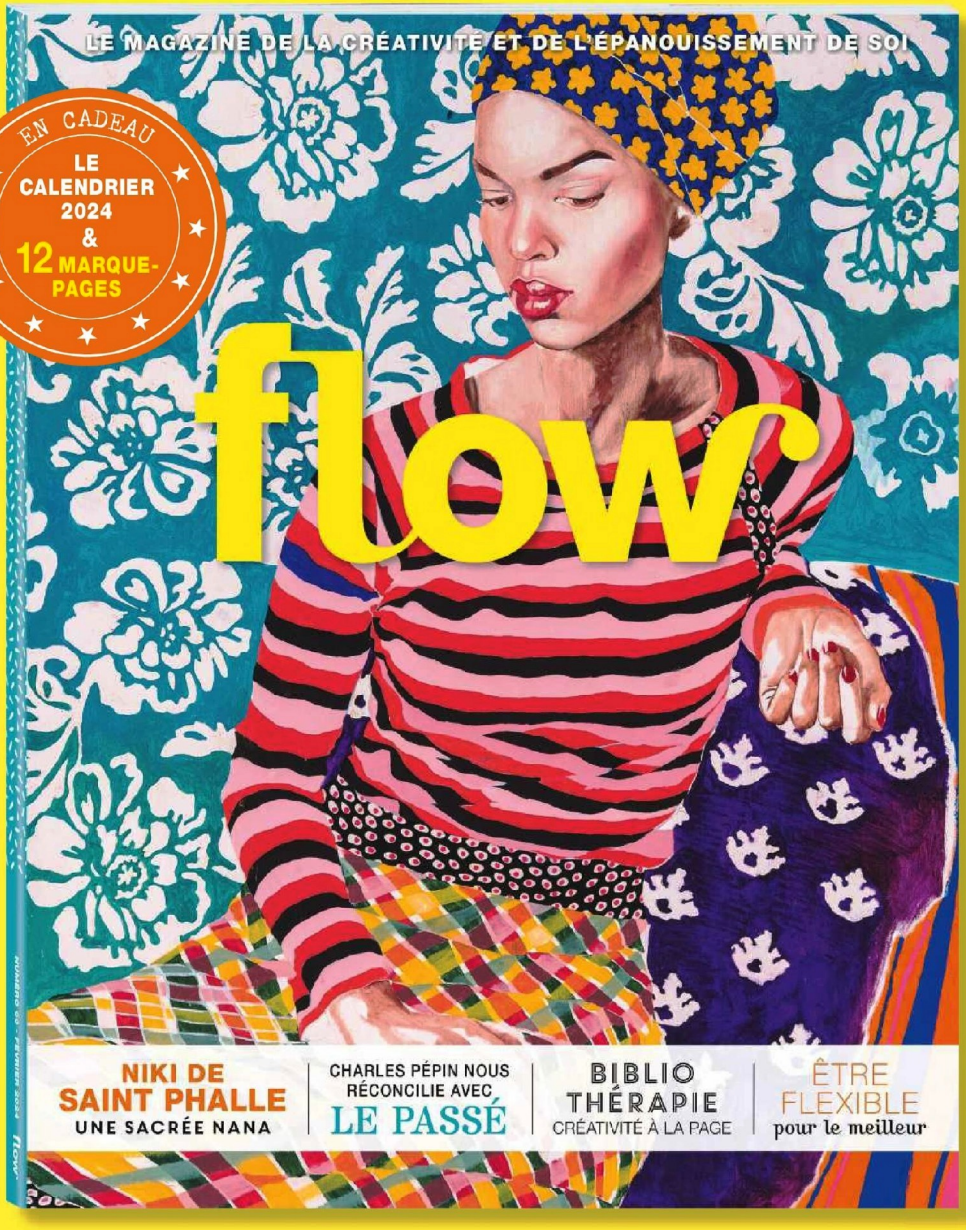
Les reines de la savane
Au royaume des hyènes tachetées, ce sont les femelles qui mènent la danse. Mais ce n'est que la base de leur véritable pouvoir.

Le meilleur du monde
Explorateurs, photographes et rédacteurs de *National Geographic* dévoilent les vingt plus beaux voyages du moment.

Vivre avec la folie
Face à une maladie incurable, les soignants et les familles trouvent de nouvelles solutions pour que les patients vivent dans la dignité.

EN KIOSQUE LE 28 FÉVRIER

PHOTOS : RUBÉN SALGADO ESCUDERO



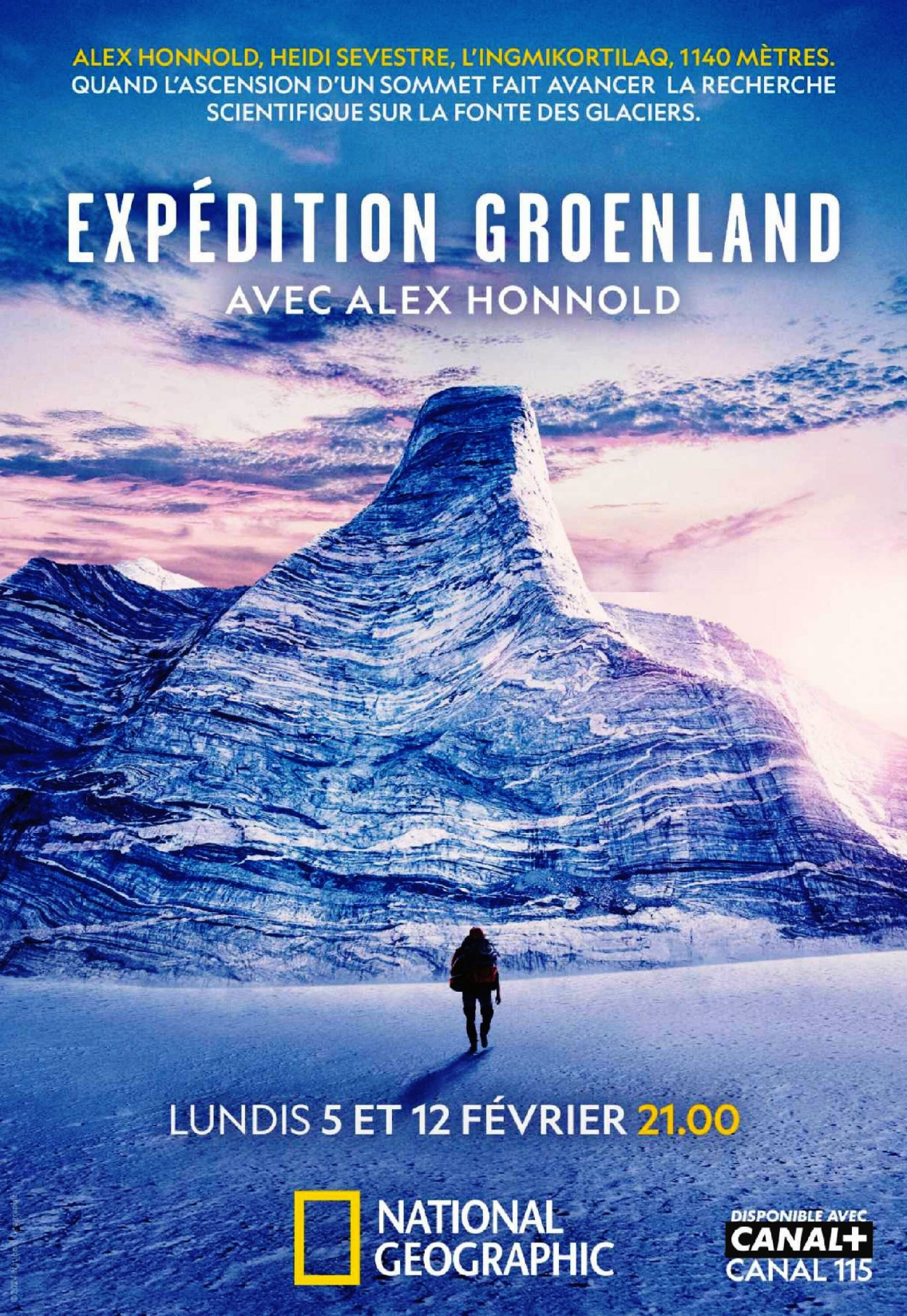
À DÉCOUVRIR CHEZ VOTRE MARCHAND DE JOURNAUX

Toute la presse est sur prismaSHOP.fr

ALEX HONNOLD, HEIDI SEVESTRE, L'INGMIKORTILAQ, 1140 MÈTRES.
QUAND L'ASCENSION D'UN SOMMET FAIT AVANCER LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE SUR LA FONTE DES GLACIERS.

EXPÉDITION GROENLAND

AVEC ALEX HONNOLD



LUNDIS 5 ET 12 FÉVRIER 21.00

NATIONAL GEOGRAPHIC

DISPONIBLE AVEC CANAL+
CANAL 115